

Studia Mundi - Economica

2026. Vol. 13. No. 2.



Szerkesztőbizottság tiszteletbeli elnöke:

† Szűcs István

Főszerkesztő:

Káposzta József

Szerkesztőbizottság tagjai:

Bandlerova, Anna – Slovak University of Agriculture in Nitra, Slovakia
Bielik, Peter – Slovak University of Agriculture in Nitra, Slovakia
Csath, Magdolna – Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Curt, Paula – Babeş-Bolyai University Cluj-Napoca, Romania
Dávid, Lóránt – Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Erokhin, Vasilii – Harbin Engineering University, China
Farkas, Tibor – Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Géczi, Gábor – Testnevelési Egyetem
Horska, Elena – Slovak University of Agriculture in Nitra, Slovakia
Ivolga, Anna – Stavropol State Agrarian University, Russia
Kinal, Jaroslaw – University of Rzeszow, Poland
Kollár, Péter – Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Koncz, Gábor – Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Loretts, Olga G. – Ural State Agricultural University, Russia
Maciejczak, Mariusz – Warsaw University of Life Sciences
Madleňák, Radovan – University of Žilina, Slovakia
Mitrofanova Vasilievna, Inna – Southern Science Center of the Russian Academy of Sciences, Russia
Mohácsi, Márta – Debreceni Egyetem
Nagy, Henrietta – Milton Friedman Egyetem
Nagyné Molnár, Melinda – Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Neszmélyi, György Iván – Milton Friedman Egyetem
Russin, John S. – LSU Agricultural Center, USA
Stratan, Alexandru – National Institute for Economic Research, Moldova
Szabó, Zoltán – Soproni Egyetem
Szalay, Zsigmond Gábor – Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Széles, Zsuzsanna – Soproni Egyetem
Szlávicz, Ágnes – University of Novi Sad, Serbia
Tóth, Tamás – Milton Friedman Egyetem
Trzcielinski, Stefan – Poznan University of Technology
Vinogradov, Szergej – Budapesti Metropolitan Egyetem
Zmija, Janusz – University of Agriculture in Krakow

Szerkesztő:

Némediné Kollár Kitti

Technikai szerkesztő:

Urbánné Malomsoki Mónika

Szerkesztőség címe:

2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

E-mail: studia.mundi@uni-mate.hu, Honlap: <https://journal.uni-mate.hu/index.php/stm>

Kiadó: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Vidékfejlesztés- és Fenntartható Gazdaság Intézet, Gödöllő

ISSN 2415-9395 (online)

Tartalomjegyzék

A humán fejlettség regionális különbségeinek vizsgálata a Dél-Dunántúlon

Farkas Gréta, Káposzta József, Némediné Kollár Kitty..... 3–16

A közlekedés jövője: meghajtási módok és fenntartható energiaellátás

Harján Dávid, Nagy Mónika Zita, Bertalan Péter 17–29

A fenntartható gazdaságfejlesztés és a megújuló energiaforrások kapcsolatrendszerének vizsgálata

Lőrinc Nóra, Némediné Kollár Kitty, Káposzta József..... 30–45

CrossBorder Cooperation and Enterprise Development in the EU's Border Regions: An Evidence from the Case Studies

Nikolina Németh, Krisztián Ritter 46–63

Recenzió: Szeberényi András – Bhgah Y. Adam – Er. Harish Sharma – Dhivya A. Plastic Recycling & Waste Management – JSR Publications, 2023 című könyvéhez

Kozma Dorottya Edina..... 64–67

Table of contents

Analysis of regional differences in human development in South Transdanubia

Farkas Gréta, Káposzta József, Némediné Kollár Kitty..... 3–16

The future of transportation: propulsion methods and sustainable energy supply

Harján Dávid, Nagy Mónika Zita, Bertalan Péter 17–29

An examination of the relationship between sustainable economic development and renewable energy sources

Lőrinc Nóra, Némediné Kollár Kitty, Káposzta József..... 30–45

CrossBorder Cooperation and Enterprise Development in the EU's Border Regions: An Evidence from the Case Studies

Nikolina Németh, Krisztián Ritter 46–63

Book Review: Plastic Recycling & Waste Management by András Szeberényi – Adam Bhgah Y. – Sharma Er. Harish – Dhivya A. – JSR Publications, 2023

Kozma Dorottya Edina..... 64–67

A humán fejlettség regionális különbségeinek vizsgálata a Dél-Dunántúlon

Farkas Gréta, Káposzta József, Némediné Kollár Kitty

Absztrakt

A gazdasági és társadalmi folyamatokat jelentősen befolyásolják a területi különbségek. A kézirat bevezetésében említésre kerül a humán fejlettség vizsgálatának oka és szükségessége. Egy területi fejlettségének meghatározását nem lehet csupán gazdasági adatokra alapozni, ez a GDP egyik kritikája is. A humán fejlettség vizsgálata egy lehetőség a jólét anyagi vonatkozásán túlmutató meghatározására. A humánfejlettségi indexet eredetileg országok közötti különbségek mérésére alkották meg, viszont számos szerző kísérletet tesz a mutató kisebb területi egységekre való alkalmazására. Jelen tanulmánynak a célja a Dél-Dunántúl régió járásai közötti fejlettségi különbségek vizsgálata, a humán fejlettségi index optimalizálása az elérhető adatok alapján. A régióban az országos átlaghoz képest jelentős népességsűrűségi csökkenés figyelhető meg, valamint a humán fejlettség tekintetében is alulmúlja az országos átlagot, ezért a tanulmány kitér a humán fejlettség és a népesség változása közötti korreláció vizsgálatára is.

Kulcsszavak: *lokális humán fejlettségi index, területi különbségek, Dél-Dunántúl régió*

JEL: *R10, R11*

Analysis of regional differences in human development in South Transdanubia

Economic and social processes are significantly influenced by regional disparities. The introduction to the manuscript discusses the rationale for and necessity of examining human development. The level of development of a given region cannot be determined based solely on economic data; this is also one of the criticisms leveled against GDP. The study of human development offers a way to define well-being beyond its material aspects. The Human Development Index was originally created to measure differences between countries; however, numerous authors have attempted to apply the index to smaller geographical units. The aim of this study is to examine development disparities among the districts of the South Transdanubia region and to optimize the Human Development Index based on available data. The region has experienced a significant population decline compared to the national average, and it also lags behind the national average in terms of human development; therefore, the study also examines the correlation between human development and population change.

Keywords: *Local Human Development Index, Regional Disparities, South Transdanubia Region*

JEL: *R10, R11*

Bevezetés

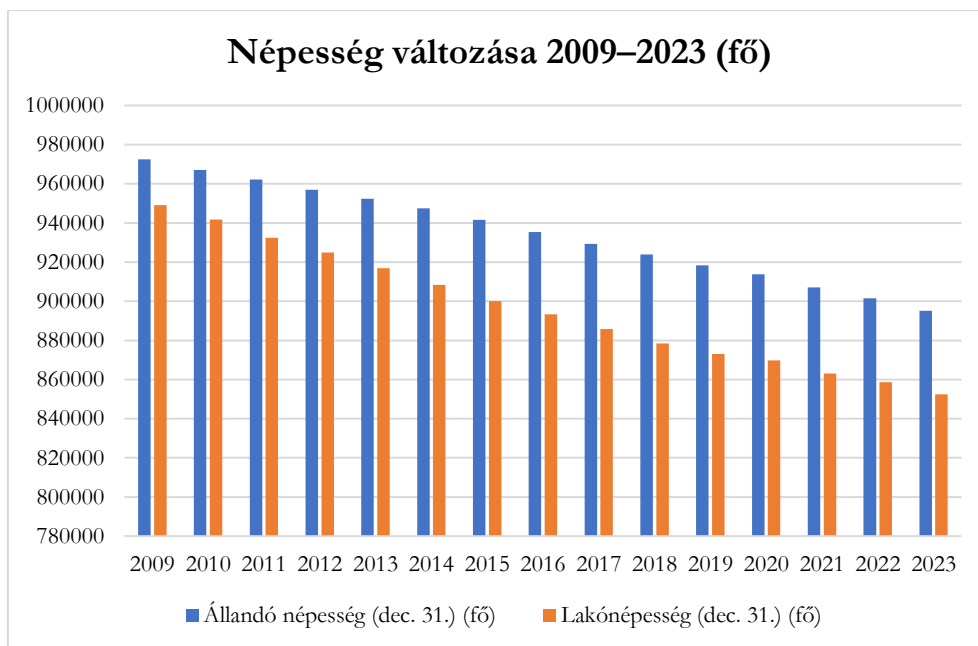
Jelen tanulmány alapvetően két kérdéskört érint. Az HDI (Human Development Index – Emberi Fejlettség Mutató) az ENSZ által 1990-ben megalkotott komplex indikátor; az emberi fejlődés szintjének meghatározására szolgál. Hangsúlyozása végett hozták létre, hogy az emberek és képességeik legyenek az ország fejlődésének végső kritériumai, nemcsak a gazdasági növekedés. Az ENSZ Fejlesztési Programja (UNDP) évente elkészíti az országokra vonatkozó mutatókat (UNDP, 2025). Az első kérdéskör ezen mutató kisebb területi egységek vizsgálatára való átdolgozásával foglalkozik. Másodrészt azt a kérdést vizsgálja, hogy a humán tényezők függőségi viszonyban állnak-e a népességcsökkenéssel.

A vizsgálat kiemelt területi egysége a Dél-Dunántúl régió. A régióban található 23 járás közül a kedvezményezett járások besorolásáról szóló 290/2014 (XI. 26.) Kormányrendelet alapján 4 járás a komplex programmal fejlesztendő járások, 4 járás a fejlesztendő járások, valamint további 8 járás a kedvezményezett járások kategóriájába sorolható. A kormányrendeletben a járások besorolása egy komplex társadalmi-gazdasági és infrastrukturális fejlettséget mérő mutató alapján történik (KSH, 2013). Komplex programmal fejlesztendő járások azoknak a legalacsonyabb komplex mutatóval rendelkező járásoknak számítanak, amelyekben a lakónépesség 10 százaléka él. Fejlesztendő járásnak azon legalacsonyabb komplex mutatóval rendelkező járások számítanak, amelyekben a lakónépesség 15%-a él. A kedvezményezett járások azok, amelyeknek komplex mutatója kisebb, mint az összes járás komplex mutatójának átlaga. A régióon belül is jelentős területi különbségek figyelhetők meg az egyes járások között (KSH, 2023).

Főbb társadalmi tényezők a Dél-Dunántúli régióban

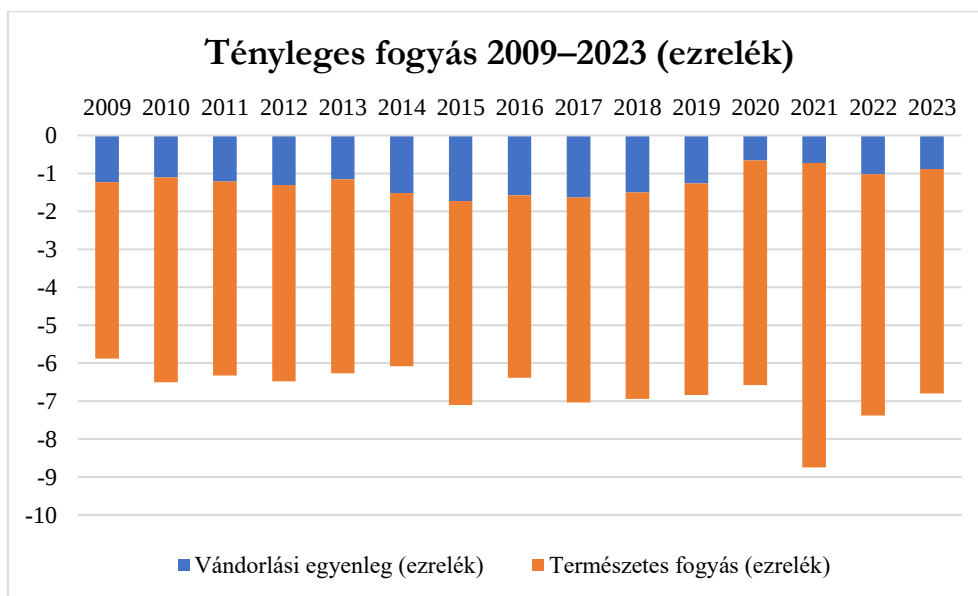
Az állandó népesség és a lakónépesség tekintetében is folyamatos csökkenés figyelhető meg a 2009 és a 2023 közötti időszakban. Az állandó népesség több, mint hetvenkilencezer, a lakónépesség pedig több, mint kilencvenhatezer fővel csökkent a Dél-Dunántúl tekintetében. Tizenöt év alatt az állandó népesség 8 százalékos, a lakónépesség pedig 10 százalékos fogyást mutat. Magyarország népessége folyamatosan csökken, viszont jóval kisebb mértékben, mint a Dél-Dunántúl régió népessége. 2009 és 2023 között Magyarországon 3,77%-kal csökkent az állandó népesség és 4,29%-kal a lakónépesség. Ugyanebben az időszakban a Dél-Dunántúl régióban az állandó népesség 7,97 százalékos, a lakónépesség tekintetében pedig 10,2 százalékos fogyás ment végbe a legfrissebb adatok alapján (TEIR, 2025).

A Dél-Dunántúl régióban 2009 és 2023 között csak tényleges fogyásról beszélhetünk, 2021-ben figyelhető meg egy kiugró, kilenc ezreléket megközelítő érték, viszont a többi évben hasonló értékek vannak, hat és hét ezrelék környékén mozognak. Látható, hogy a tényleges fogyás nagyobb hányadát minden évben a természetes fogyás teszi ki.



1. ábra. Népesség változása 2009–2023

Forrás: TEIR adatok alapján saját szerkesztés, 2025



2. ábra. Tényleges fogyás 2009–2023

Forrás: TEIR adatok alapján saját szerkesztés, 2025

A Dél-Dunántúl régió öregedési indexe 2012 és 2023 között konstansan növekszik. Az adatok korlátozott hozzáférhetősége miatt az öregedési indexet 2012-től kezdve készítettük el, nem pedig 2009-től, mint a másik két mutatót, a népesség változását és a tényleges fogyaszt. 2012-ben is már magasabb volt a 65 év felettiek száma, mint a 14 évesnél fiatalabbaké, de ekkor még az eltérés mértéke 29 százalék volt, 2023-ban már több, mint 71 százalék volt a különbség a két korcsoport között.

A területi különbségek vizsgálata és az emberi fejlettség mutató

A területfejlesztésben a térbeli differenciálódás alapvető jellemző. A regionális fejlesztés során a tér nemcsak passzív hátteret jelent, hanem aktív szereplőt is, amely befolyásolja és alakítja a gazdasági folyamatokat. A regionális gazdaságtan eszköztárának alkalmazása nélkülözhetetlen a sikeres területfejlesztési stratégiák kialakításához (Richardson, 1978; Káposzta, 2007). A természeti adottságok, a történelmi fejlődés és a gazdasági folyamatok térbeli eltérő hatásai miatt a térségek között jelentős különbségek alakulnak ki a fejlettség, a gazdasági szerkezet és az életminőség tekintetében. A társadalmi-gazdasági viszonyok változásával a területi egyenlőtlenségek is megváltozhatnak, hol kiegyenlítődség, hol differenciálódás történhet. Az abszolút egyenlőség elérése nem megvalósítható, a cél a relatív különbségek mérséklése, a területi kohézió erősítése és a fenntartható fejlődés biztosítása lehet (Laczkó, 1986; Béres, 1993; Molnár, 2005).

Az emberi fejlettségi index (HDI) eredeti módszertana az emberi fejlődés három alapvető dimenziójára, az egészségre és a hosszú életre, a tudásra és az oktatásra, valamint az életszínvonalra összpontosít. A mutató 1990-es megalkotása óta a számítási módszer jelentős változásokon ment keresztül. A kezdeti, 1990-es értékelés a következő mutatókkal dolgozott: a születéskor várható élettartam, a 25 évesnél idősebb népesség körében az írni-olvasni tudás aránya, valamint az egy főre jutó bruttó hazai termék vásárlóerő-paritáson számított értéke. Az idő előrehaladtával az alkalmazott mutatók is módosultak; ennek oka többek között az adatok elérhetősége, valamint relevanciájának változása (Farkas, 2012).

A legfrissebb HDI-index az alábbi komponensek és indikátorok segítségével számítható:

- élettartam (születéskor várható élettartam mutatója),
- oktatási színvonal (iskolázottsági szint: várható iskolai életévek száma és iskolai
- oktatásban eltöltött évek átlagos száma),
- életszínvonal (egy főre jutó GNI mutatója).

A 2023-as HDI-rangsorban Magyarország a negyvenhatodik helyen áll, 0,87-es értékkel, amely alapján a nagyon magas humán fejlettséggel rendelkező országok csoportjába tartozik (UNDP, 2025). Az index megalkotása óta eltelt időszakban megnőtt az igény a lokális szintű humán fejlettség komplex mérésére is. A térségi vagy lokális szintű HDI kiszámítása azonban az adatok elérhetősége miatt komplikáltabb, így sajátos számítást igényel. Alapjaiban megegyezik az eredeti HDI-vel, azzal a különbséggel, hogy az adatok elérhetősége miatt a mutatók eltérőek lehetnek. A Humán Fejlettségi Index regionális szintű vizsgálataiban az alkalmazott dimenziók és indikátorok köre szintenként eltérő jellegzetességeket mutat, mivel nincs általánosan elfogadott indikátorkészlet a kiszámításhoz. Ennek fő oka, hogy az indikátorok területi szintű elérhetősége nehézségekbe ütközik, valamint az egyes országok regionális felosztásának különbözősége is akadályozza egy univerzális módszertan kialakítását. Emiatt a számítási módszert a helyi viszonyokhoz és az elérhető adatokhoz kell igazítani (Szendi, 2015).

Anyag és módszer

A HDI (Human Development Index – Humán Fejlettségi mutató) az ENSZ által 1990-ben az emberi fejlődés mérésére megalkotott mutató. A mutató három dimenzióból épül fel: az egészség, az oktatás és a jövedelem. Az egészség dimenzió tekintetében az ezer főre jutó halálozások számát alkalmaztuk mutatóként. Az oktatásnál két mutatót használtunk, az általános iskola 8. évfolyammal rendelkezők a 7 évesnél idősebbek körében, valamint kétszeres súlyozással a felsőfokú végzettséggel rendelkezők a hét évesnél idősebbek körében, mindkét mutatót a lakónépességhez viszonyítva

százalékos formában alakítottuk ki. A jövedelem dimenziójában alkalmazott mutató pedig az egy lakosra jutó SZJA-adóalapot képező belföldi jövedelem (Ft), amely a 2022-es évre inflációval korrigált KSH-adatok alapján 2011 és 2022 viszonylatában 45,6 százalékos növekedést mutat.

Az egyes mutatók tekintetében a minimum és a maximum értékeket úgy határoztuk meg, hogy az adathalmaz legkisebb és legnagyobb elemét lefele, illetve felfelé kerekítettük, tizedestörtek esetében egészre, egész számok esetében pedig ezresekre. A HDI-módszertanának része a természetes alapú logaritmus alkalmazása a jövedelem dimenzió tekintetében. Ennek oka a csökkenő hozamok elve, amely szerint a jövedelem növekedésének az emberi fejlődésre gyakorolt hatása egyre kisebb, minél magasabb a jövedelmi szint. Az előbb meghatározott elvet alkalmaztuk az általunk megalkotott jövedelem dimenziója tekintetében is. Az egyes dimenziók adatait eltolással és normalizálással határoztuk meg. Az eltolásra azért volt szükség, hogy minden szám pozitív legyen, és az előjelek ne okozzanak problémát a további műveletekben.

A normalizálás pedig az értékek egységesítését szolgálta, hogy mindhárom dimenzió értékei nulla és egy közötti számok legyenek. Az egészség dimenzió tekintetében a normalizálás alapképletét megváltoztattuk, mert a halálozások számának esetei fordítottak, az alábbiak alapján: a pozitív, ha minél kisebb az érték, ezért felcseréltük a képletben a minimumot a maximummal. Szintén a HDI módszertana alapján az egyes indexek mértani átlagát számítottuk ki, ezzel meghatározva a lokális humánfejlettség indexét. A területek közötti különbségek mértékének meghatározására szórást számítottunk. Továbbá, korrelációs együtthatóval vizsgáltuk a lakónépesség csökkenése és az LHDI közötti kapcsolatot.

Alkalmazott képletek:

Egészség index

$$EI = \frac{EI_i - EI_{\max}}{EI_{\min} - EI_{\max}}$$

Oktatás index

$$OI = \frac{OI_i - OI_{\min}}{OI_{\max} - OI_{\min}}$$

Jövedelem index

$$JI = \frac{\ln JI_i - \ln JI_{\min}}{\ln JI_{\max} - \ln JI_{\min}}$$

Szintén a HDI módszertana alapján az egyes indexek mértani átlagát számítottuk ki, ezzel meghatározva a Lokális Humán Fejlettség Indexet.

$$LHDI = \sqrt[3]{EI * OI * JI}$$

A területek közötti különbségek mértékének meghatározására szórást alkalmaztunk. Továbbá, korrelációs együtthatóval vizsgáltuk a lakónépesség csökkenése és az LHDI közötti kapcsolatot.

A vármegyék humán fejlettségi viszonyai

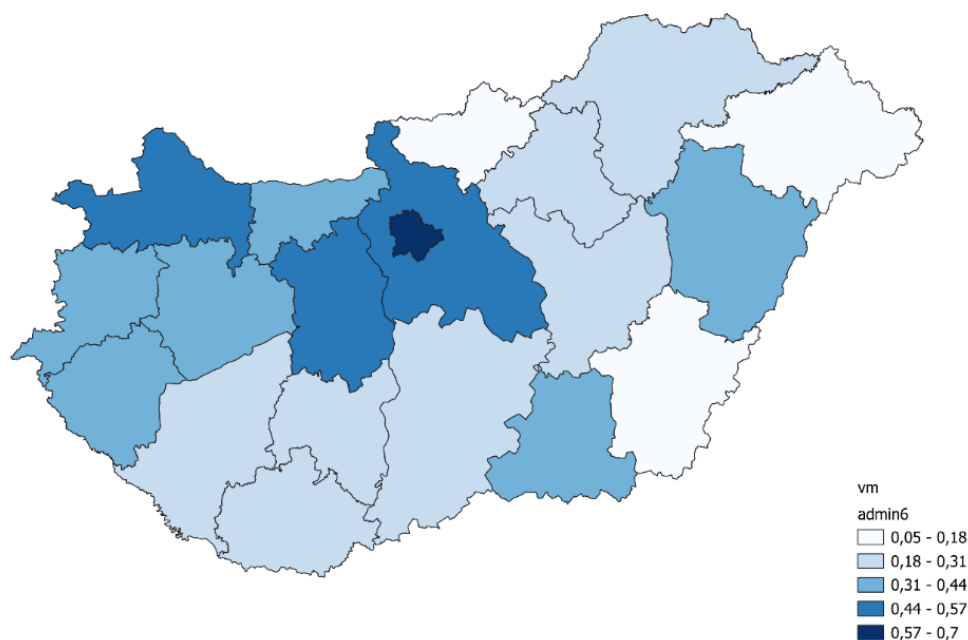
Az LHDI Magyarország vármegyéire való elkészítésének indoka, hogy a Dél-Dunántúl régió vármegyéit, Baranya, Somogy és Tolna vármegyéit kontextusba helyezzük és bemutassuk, mennyire fejlettek országos viszonylatban.

1. táblázat. LHDI vármegyék 2011 és 2022 között

vármegye 2011	LHDI	vármegye 2022	LHDI
Szabolcs-Szatmár-Bereg	0,05	Nógrád	0,04
Nógrád	0,15	Békés	0,08
Békés	0,17	Szabolcs-Szatmár-Bereg	0,22
Somogy	0,19	Jász-Nagykun-Szolnok	0,23
Borsod-Abaúj-Zemplén	0,21	Tolna	0,23
Bács-Kiskun	0,22	Somogy	0,23
Jász-Nagykun-Szolnok	0,22	Bács-Kiskun	0,25
Tolna	0,28	Borsod-Abaúj-Zemplén	0,27
Heves	0,29	Heves	0,27
Baranya	0,3	Zala	0,31
Hajdú-Bihar	0,32	Baranya	0,34
Zala	0,33	Vas	0,38
Csongrád-Csanád	0,35	Komárom-Esztergom	0,38
Vas	0,38	Veszprém	0,38
Veszprém	0,38	Fejér	0,41
Komárom-Esztergom	0,42	Hajdú-Bihar	0,41
Fejér	0,44	Csongrád-Csanád	0,44
Győr-Moson-Sopron	0,47	Győr-Moson-Sopron	0,5
Pest	0,54	Pest	0,57
Budapest	0,7	Budapest	0,76

Forrás: Saját szerkesztés vármegyei adatok alapján, 2025

Somogy vármegye 2011. évben a humán fejlettség tekintetében a negyedik legalacsonyabb indexszel rendelkezik, Tolna vármegye hatólról a nyolcadik, Baranya vármegye pedig a tizedik helyen van. A Dél-Dunántúl három vármegyéje közül mindegyik az ország gyengébben teljesítő 50 százalékos csoportjába tartozik. Az 1. táblázat és az 1. ábra alapján is elmondható, hogy Somogy vármegye 2011. évben a humán fejlettség tekintetében a negyedik legalacsonyabb indexszel rendelkezik, Tolna vármegye hatólról a nyolcadik, Baranya vármegye pedig a tizedik helyen van. A Dél-Dunántúl három vármegyéje közül mindegyik az ország gyengébben teljesítő 50 százalékos csoportjába tartozik.

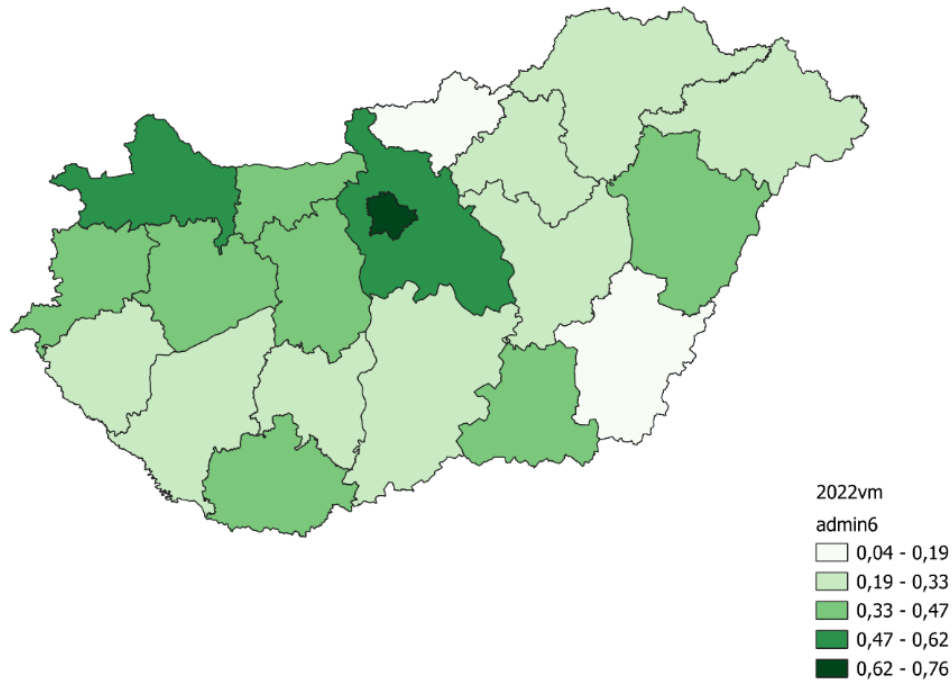


3. ábra. LHDI vármegyei megoszlása 2011

Forrás: saját szerkesztés vármegyei adatok alapján, 2025

2011-hez képest 2022-re jelentősen változtak a területi különbségek, valamint a vármegyék humánfejlettségi rangsorban elfoglalt helyei is. Baranya vármegye egy helyet javított, Somogy vármegye két helyet javított, míg Tolna vármegye három helyet rontott a két népszámlálási év között eltelt időszakban.

A 4. ábrán megfigyelhető az öt fejlettségi szint 0,04 és 0,76 közötti egyenlő intervallumokra osztva. Továbbá látható, hogy Csongrád-Csanád és Hajdú-Bihar vármegyék mellett megjelenik még egy vidéki pólus, Baranya vármegye, Pécs központtal. Habár Pécs ipari beruházások tekintetében jelentősen elmarad a másik két pólusvárostól, ettől függetlenül humán fejlettség tekintetében mégis pólus szerepet tölt be, köszönhetően a magas szintű tudományos és kulturális tevékenységnek.



4. ábra. LHDÍ vármegyei megoszlása 2022

Forrás: saját szerkesztés vármegyei adatok alapján, 2025

A Dél-Dunántúl régió járásainak fejlettségi különbségei

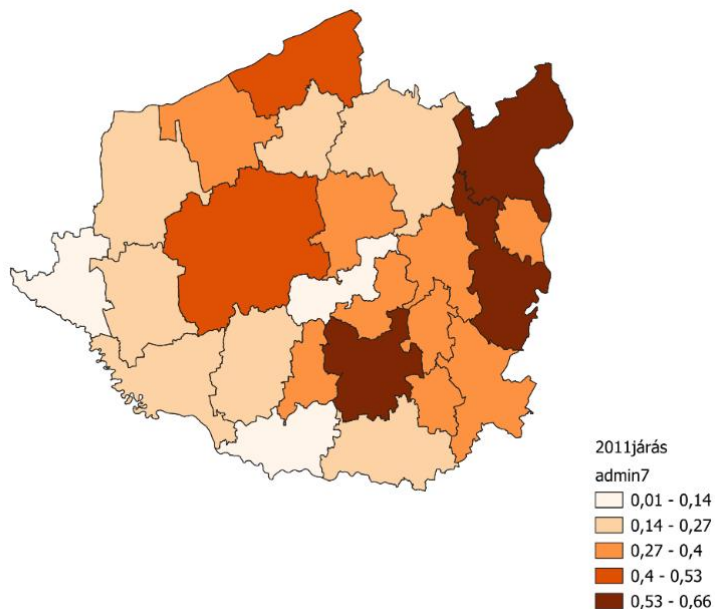
A járások értékeihez tartozó minimumok és maximumok eltérnek a vármegyei szélsőértékektől, ezért nem összehasonlíthatóak. Ennek okát abban látjuk, hogy a régió belüli különbségeket szeretnénk volna nagyobb hangsúllyal megjeleníteni. Elmondható a lentebb található 2. táblázat alapján, hogy 2011-ben a legalacsonyabb értékkel a Sellyei járás rendelkezik, a legmagasabbal pedig a Pécsi járás, mindkettő Baranya vármegyéhez tartozik, tehát ez is alátámasztja azt az előzetes feltevést, hogy hatalmas területi egyenlőtlenségek vannak jelen a vármegyében. A centrumtérsegek, nevezetesen Pécs, Paks, Szekszárd és Siófok az LHDÍ tekintetében a fejlettebb kategóriába, míg a periférikus területek, nevezetesen a Tamási, Csurgoi, Hegyháti és Sellyei járások a fejlesztendő térségek kategóriájába sorolhatók, melyeket a 2. táblázat is mutat részleteiben.

2. táblázat. Járások LHDI 2011

járás	LHDI	járás	LHDI
Sellyei járás	0,01	Fonyódi járás	0,3
Hegyháti járás	0,1	Mohácsi járás	0,31
Csurgói járás	0,12	Dombóvári járás	0,33
Tamási járás	0,16	Pécsváradi járás	0,33
Barcsi járás	0,19	Bólyi járás	0,35
Tabi járás	0,19	Bonyhádi járás	0,36
Szigetvári járás	0,23	Tolnai járás	0,39
Marcali járás	0,24	Kaposvári járás	0,47
Siklói járás	0,24	Siófoki járás	0,53
Nagyatádi járás	0,25	Szekszárdi járás	0,56
Komlói járás	0,28	Paksi járás	0,57
Szentlőrinci járás	0,29	Pécsi járás	0,66

Forrás: Saját szerkesztés, 2025

Az 5. ábrán látható az öt fejlettségi szint 0,01 és 0,66 között egyenlő intervallumokra osztva. Az M6-os autópálya vonala kirajzolódik, azon járások, amelyeket érint vagy amelyek nagyon közel vannak hozzá, a két legfejlettebb kategóriába tartoznak.



5. ábra. A Dél-dunántúli járások LHDI értéke 2011

Forrás: saját szerkesztés, 2026

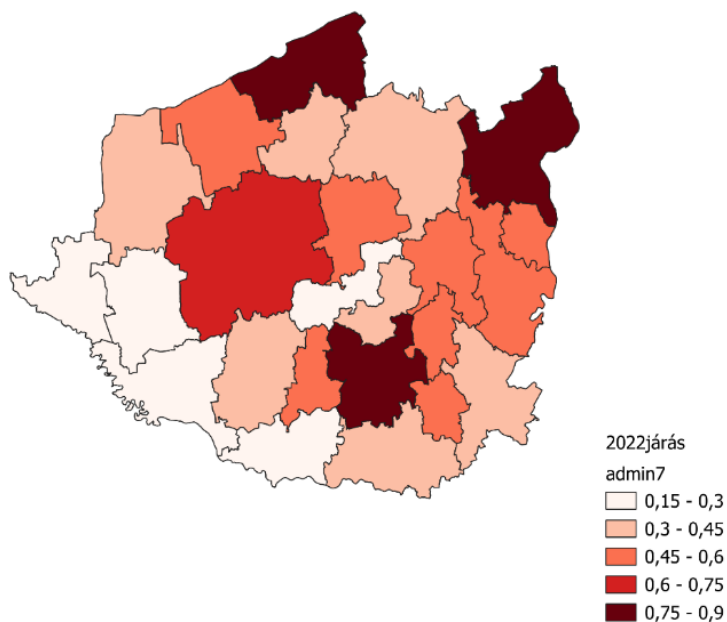
A járáskor viszonyában jelentős különbségek figyelhetők meg a két vizsgált évben. A Pécsi járás megőrizte a rangsorban az első helyét, viszont a Sellyei járás három helyet javított, és 2022-ben a legfejletlenebb járás a Csurgói járás volt. Tolna vármegye legfejlettebb járása a Paksi járás, Somogy vármegyéjé pedig a Siófoki járás, szóval érdekességként emeljük ki, hogy egyik helyen sem a megyeszékhely az első. A Pécsi járást a Paksi járás követi a rangsorban, de több, mint egy tizedes lemaradással.

3. táblázat. Járások LHDI 2022

járas	LHDI	járas	LHDI
Csurgói járás	0,15	Bólyi járás	0,46
Barcsi járás	0,22	Dombóvári járás	0,49
Hegyháti járás	0,22	Szekszárdi járás	0,5
Sellyei járás	0,23	Szentlőrinci járás	0,52
Nagyatádi járás	0,26	Bonyhádi járás	0,52
Tamási járás	0,31	Pécsváradi járás	0,56
Mohácsi járás	0,34	Tolnai járás	0,6
Tabi járás	0,34	Fonyódi járás	0,6
Komlói járás	0,35	Kaposvári járás	0,65
Siklósi járás	0,41	Siófoki járás	0,76
Marcali járás	0,42	Paksi járás	0,79
Szigetvári járás	0,44	Pécsi járás	0,9

Forrás: Saját szerkesztés, 2025

A 6. ábrán látható az öt fejlettségi szint 0,15 és 0,9 között egyenlő intervallumokra osztva. Megfigyelhető, hogy a határmenti járáskor átlagosan a legfejletlenebbek. A Siófoki járás 2022-ben már a legfejlettebb járáskor egyike, véleményünk szerint jelentős hatása van a járásban a Balaton turisztikai fejlesztésének, illetve a térségben megvalósuló nagyvolumenű beruházásoknak. A 2011-es térképen is már megfigyelhető, hogy a határmenti járáskor a fejletlenebb területek közé tartoznak, viszont a 2022-es térképen még jobban szembetűnik, hogy az országhatár szomszédságában elhelyezkedő járáskor egységesen perifériára szorulnak. Összességében elmondható, hogy a humán fejlettség növekedett 2011-ről 2022-re, viszont ezzel együtt a területi különbségek is nőttek. A 2011-es év értékeire számolt szórás 0,159, míg ugyanez 2022-ben már 0,193.

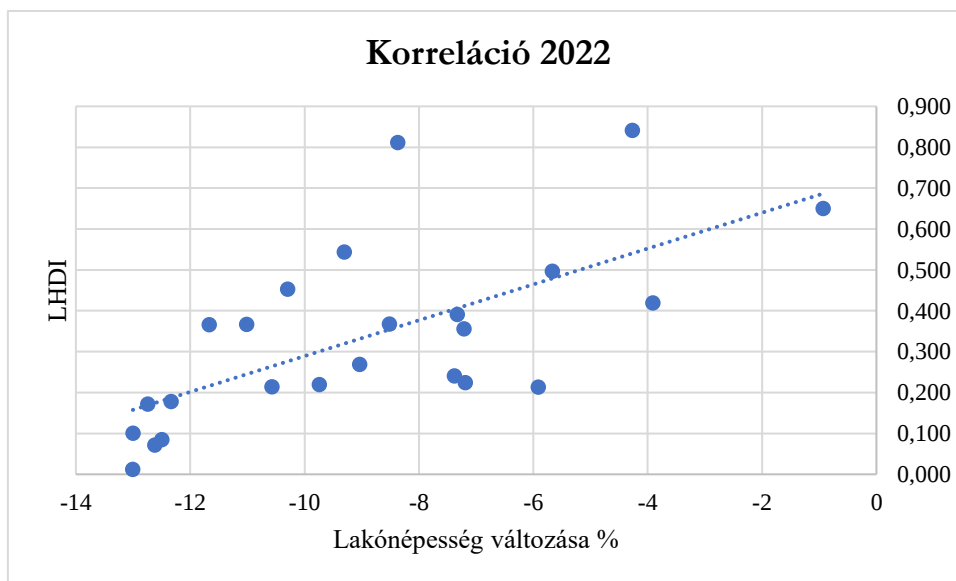


6. ábra. A Dél-Dunántúli járások LHDI értéke 2022

Forrás: saját szerkesztés, 2025

A népességcsökkenés és a humán fejlettség kapcsolata

Végezetül a Dél-Dunántúli régió járásaira készített 2022-es LHDI értékeket hasonlítottuk össze a 2011 és 2022 közötti lakónépesség-változással. A 7. ábrán látható diagramon a pontok az egyes járások adatait jelentik, a jobb átláthatóság érdekében pedig megjelenítettük a trendvonalat is a korreláció tekintetében.



7. ábra. LHDI és lakónépesség változása közötti korreláció

Forrás: saját szerkesztés, 2025

A korrelációs együttható értéke 0,66, amely erős pozitív lineáris kapcsolatot mutat, tehát megállapítható, hogy jelentős összefüggés van az LHDI és a lakónépesség változása között. A lakónépesség változása az összes járás tekintetében negatív értéket mutat, mindegyikben népességcsökkenés zajlott le a vizsgált időszakban.

Jövőbeli lehetőségek

Az LHDI lehetőséget kínál a helyi társadalmak állapotának felmérésére a jólét szempontjából. Véleményünk szerint hasznos lenne Magyarországon egy hivatalos LHDI megalkotása, amelynek célja a humán fejlettség nyomon követése és a fejlesztési stratégiák megalapozása lenne. Az index a folyamatos monitorozást is szolgálná. Továbbá, egy egységes minimum kialakításával nagyobb figyelmet kaphatnának a rendkívül hátrányos helyzetű térségek, amelyek komplex fejlesztési stratégiákat igényelnek a jövőben.

A vizsgálat alapján elmondható, hogy a Dél-Dunántúl régióban átlagosan az országhatármenti járások a legfejletlenebbek, a legmagasabb LHDI-val rendelkező járások pedig mind autópályán, az M6-oson vagy az M7-esen érhetők el. Továbbá végkonklúzióként megfogalmazható, hogy a határmenti járások helyzetén javítana, ha könnyebben megközelíthetőek lennének. Szükséges volna vizsgálni a határ túloldalán lévő térségek helyzetét, valamint azokkal való interregionális kapcsolatot is, mert véleményünk szerint ennek a kapcsolatnak az erősítése és javítása mind Magyarország, mind Horvátország számára előnyös lenne. A határmenti térségek kapcsolódási pontként való alkalmazásával csökkenteni lehetne a leszakadásukat és növelni a térgazdasági szerepüket. A kihasználatlan földrajzi adottságok további lehetőségeket kínálnak a gazdaság- és a turizmusfejlesztés terén. Jövőbeli célunk, hogy a jelen kutatást a horvát területek bevonásával folytassuk. Kutatásunk során létrejött a lokális emberi fejlettség indexe, amelyet kiemelten a Dél-Dunántúl régióban alkalmaztunk, viszont úgy gondoljuk, hogy szükséges lenne mélyrehatóbban vizsgálni az egyes szegmenseket, az oktatás, az egészség és a jövedelem dimenziókat, valamint azok fejlesztési lehetőséget, mert a régió helyzetének feltérképezése csupán egy kiindulópont a fejlesztések megalapozásában.

Irodalomjegyzék

- Béres, C. (1993): A területi politika és a térbeli hátrányok. In: C. Béres – I. Süli-Zakar (eds.) *Hajdú-Bihar megye. A térbeli társadalmi-gazdasági fejlődés lehetőségei és problémái*. Debrecen: Hajdú-Bihar Megyei Önkormányzatok Közgyűlése. 9–10.
- Council of Europe (1996): *European Charter for Rural Areas*. <https://assembly.coe.int/nw/xml/XRef/X2H-XrefViewHTML.asp?FileID=7452&lang=EN>
- Csatári, B. (1986): A közösségek megtartó képességének fő tényezői az Alföldön. In: L. Novák – L. Selmeczi (eds.) *Falvak, mezővárosok az Alföldön*. Nagykovács. 779–789.
- Faragó, L. (1987): A területfejlesztés fogalmáról. *Tér és Társadalom*, 1(1), 5–16. <https://doi.org/10.17649/TET.1.1.2>
- Farkas, M. B. (2012): A korrigált humánfejlettségi mutató kistérségek közötti differenciáltsága Magyarországon. *Területi Statisztika*, 52(3), 230–249.
- G. Fekete, É. (2006): Hátrányos helyzetből előnyök? Elmaradott térségek felzárkózásának esélyei az Észak-magyarországi régióban. *Földrajzi Közlemények*, 130(1–2), 55–66.

- Goda, P. – Hamza, E. – Mezei, K. – Rácz, K. (2022): A vidékfejlesztés helye és szerepe a fejlesztéspolitikában. *Gazdálkodás*, 66(6), 532–558. https://doi.org/10.53079/gazdalkodas.66.6.t.pp_532-558
- Káposzta, J. (2007): *Regionális gazdaságtan*. Debrecen: Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma Agrárgazdasági és Vidékfejlesztési Kar.
- Laczkó, L. (1986): A területi fejlődés jellege. *Területi Statisztika*, 36(3), 205–210.
- Molnár, M. (2005): *Regionális egyenlőtlenségek*. SZIE GTK egyetemi jegyzet.
- Richardson, H. W. (1978): The State of Regional Economics: A Survey Article. *International Regional Science Review*.
- Ritter, K. (2019): A hungarikum, mint endogén erőforrás szerepe a helyi fejlesztésben, a Gönci barackpálinka példáján keresztül. *Multidiszciplináris Kibívások, Sokszínű Válaszok*, 45–60. <https://doi.org/10.33565/mksv.2019.01.03>
- Székel, A. – Krajcsóvicz, Á. (2017): A népességmegtartó képesség kérdésköre, valamint kísérlet annak számítására. *Jelenkori Társadalmi és Gazdasági Folyamatok*, 12(1–2), 63–76. <https://doi.org/10.14232/jtgf.2017.1-2.63-76>
- Szend, D. (2015): A lokális humán fejlettségi index eloszlása és területi autokorrelációja Németország és Magyarország esetében. *Területi Statisztika*, 55(6), 556–591.

Egyéb irodalmak

- 290/2014. (XI. 26.) Korm. rendelet (2014): A kedvezményezett járások besorolásáról. <https://njt.hu/jogszabaly/2014-290-20-22> (Letöltés ideje: 2025. 01. 02.)
- Központi Statisztikai Hivatal: <https://www.ksh.hu/>
- Országos Területfejlesztési és Területrendezési Információs Rendszer (TEIR): <https://www.oeny.hu/oeny/teir/#/>
- United Nations Development Programme (UNDP): <https://hdr.undp.org/> (Letöltés ideje: 2025. 10. 25.)

Szerző(k)

Farkas Gréta

ORCID [0009-0007-2305-0253](https://orcid.org/0009-0007-2305-0253)

egyetemi hallgató

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Vidékfejlesztés és Fenntartható Gazdaság Intézet, Vidékfejlesztési agrármérnök szak

E-mail: farkasgreta9@gmail.com

Káposzta József

ORCID [0000-0002-1239-8541](https://orcid.org/0000-0002-1239-8541)

CSc. (közgazdaságtudomány)

egyetemi tanár

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Vidékfejlesztés és Fenntartható Gazdaság Intézet, Vidék- és Területfejlesztési Tanszék

E-mail: kaposzta.jozsef@uni-mate.hu

Némediné Kollár Kitti

ORCID [0000-0003-4368-3932](https://orcid.org/0000-0003-4368-3932)

PhD.

egyetemi docens

Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Vidékfejlesztés és Fenntartható Gazdaság Intézet, Vidék-és Területfejlesztési Tanszék

E-mail: nemedine.kollar.kitti@uni-mate.hu

A műre a Creative Commons4.0 standard licenc alábbi típusa vonatkozik:

[CC-BY-NC-ND-4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

This work is licensed under a

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.



A közlekedés jövője: meghajtási módok és fenntartható energiaellátás

Hariján Dávid, Nagy Mónika Zita, Bertalan Péter

Összefoglalás

A közlekedés az Európai Unió egyik legjelentősebb üvegházhatású gázkibocsátási forrása, és az egyetlen olyan ágazat, amelynek kibocsátása az elmúlt évtizedekben nem csökkent jelentősen. 2022-re a közlekedés az EU teljes kibocsátásának körülbelül 29%-át tette ki, szemben az 1990-es 17%-kal. Ez a tanulmány átfogóan bemutatja az új hajtási módszerek fejlesztését és várható bevezetését a különböző közlekedési ágazatokban az Európai Unió perspektívájából. A szárazföldi közlekedésben az elektromos járművek elterjedése a legjelentősebb tendencia: 2023-ra az EU-ban az újonnan regisztrált személygépkocsik közel 15%-a tisztán akkumulátoros elektromos jármű lett. A tengeri és légi közlekedési ágazatokban az alternatív üzemanyagok, mint a metanol, az ammónia és a fenntartható légi közlekedési üzemanyagok (SAF - Sustainable Aviation Fuel) jelentik a dekarbonizáció kulcsát. A tanulmány külön tárgyalja a személy- és áruszállítást, és megvizsgálja a szükséges energia előállításának módszereit. Az eredmények azt mutatják, hogy az új hajtási módok elterjedése csak akkor vezet valódi kibocsátáscsökkenéshez, ha a szükséges energiát tiszta forrásokból állítják elő. A kutatás irodalomelemzésen alapul, különös figyelmet fordítva az EU hivatalos adataira és az iparági jelentésekre. A tanulmány arra a következtetésre jut, hogy nem egyetlen csodaszer, hanem a technológiák és a rendszer szintű alkalmazás kombinációja vezethet eredményekhez a közlekedés dekarbonizációjában, ami összehangolt politikai kereteket és jelentős infrastrukturális beruházásokat igényel.

Kulcsszavak: közlekedés, dekarbonizáció, elektromos járművek, hidrogén, fenntartható energiaellátás, Európai Uniók politika

JEL: Q55, O33, R40

The future of transportation: propulsion methods and sustainable energy supply

Abstract

Transportation is one of the most significant sources of greenhouse gas emissions in the European Union and the only sector whose emissions have not substantially decreased in recent decades. By 2022, transportation accounted for approximately 29% of the EU's total emissions, compared to 17% in 1990. This study comprehensively presents the development and anticipated deployment of new propulsion technologies across various transportation sectors from a European Union perspective. In land transportation, the proliferation of electric vehicles is the most prominent trend, with nearly 15% of newly registered passenger cars in the EU being purely battery electric vehicles by 2023. In the maritime and aviation sectors, alternative fuels such as methanol, ammonia, and sustainable aviation fuels (SAF - Sustainable Aviation Fuel) are key to decarbonization. The paper separately discusses passenger transport and freight transport, and examines the methods for producing the necessary energy. The results show that the spread of new propulsion methods only leads to real emission reductions if the required energy is produced from clean sources.

The research is based on literature analysis, with particular attention to official EU data and industry reports. The study concludes that not a single miracle solution, but the combination of technologies and system-level application can lead to results in transportation decarbonization, requiring coordinated policy frameworks and substantial infrastructure investments.

Keywords: *transportation, decarbonization, electric vehicles, hydrogen, sustainable energy supply, European Union policy*

JEL: *Q55, O33, R40*

Bevezetés

A közlekedés az Európai Unióban az üvegházhatású gázok egyik legjelentősebb forrása, és az egyetlen szektor, amelynek kibocsátásai az elmúlt évtizedekben nem csökkentek érdemben (EEA, 2024a). 2022-re a közlekedés az EU teljes kibocsátásának mintegy 29%-át adta – szemben az 1990-es 17%-kal –, ezen belül a közúti járművek a legnagyobb részesedés, a közlekedési emisszió körülbelül 73%-a (EAA, 2024a). Az éghajlatváltozás elleni küzdelem és az energiatartósság csökkentése érdekében az EU ambiciózus zöldítési célokat tűzött ki: az Európai Bizottság 2011-es ütemterve szerint 2050-re a városi közlekedésből ki kell szorítani a fosszilis hajtású gépkocsikat, a repülésben felhasznált üzemanyagok 40%-ának alacsony szén-dioxid-kibocsátásúnak kell lennie, a tengeri hajózásban 40%-os kibocsátáscsökkentés szükséges, illetve a 300 km-nél hosszabb áru fuvarozás felét vasútra vagy vízi útra kell áttéríteni (EB, 2024). Ezen célok kizárólag technológiai innováció és új meghajtási módok bevezetése révén érhetők el.

Az elmúlt években felgyorsult a közlekedés elektromos és egyéb alternatív meghajtású járművekre való átállása. A személygépkocsi-piacon egyre nagyobb teret nyernek az elektromos járművek, a nehéz tehergépjárművek és buszok esetén az akkumulátoros, valamint a hidrogén üzemanyagcellás technológiák egyaránt ígéretesnek mutatkoznak. A vízi szállításban megjelentek az LNG-vel, metanollal vagy hidrogénnel hajtott hajók, sőt kísérleti jelleggel akkumulátoros kompok is. A légi közlekedésben a fenntartható repülőgép-üzemanyagok (SAF - Sustainable Aviation Fuel) és hosszabb távon a hidrogén jelenthetik a kulcsot a kibocsátások csökkentéséhez.

Jelen tanulmány átfogóan bemutatja a közlekedés különböző ágazataiban zajló új meghajtási módok fejlesztését és várható elterjedését európai uniós nézőpontból. Külön tárgyaljuk a személyszállítást és az áruszállítást, előbbin belül a tömegközlekedést és az egyéni közlekedést, ismertetve a legfontosabb technológiákat és azok kilátásait. Emellett megvizsgáljuk, milyen módszerekkel állítható elő a szükséges energia a tudomány jelenlegi állása szerint.

Szárazföldi személyszállítás

Egyéni személyszállítás (személygépkocsik)

A közúti személyszállításban az elektromos hajtású személygépkocsik térnyerése a legszembetűnőbb trend. Az EU-ban 2023-ra az újonnan forgalomba helyezett személyautók körülbelül 15%-a tisztán akkumulátoros (BEV – Battery Electric Vehicle) volt, a plug-in hibridekkel (PHEV - Plug-in Hybrid Electric Vehicle) együtt már közel 23%-os részesedést értek el (EEA, 2024b). Ez drámai növekedés az egy évtizeddel korábbi állapothoz képest, hiszen 2010-ben még alig pár száz elektromos autót adtak el Európában. A gyors bővülés mögött az akkumulátorok árának csökkenése, a

technológia éretté válása és az EU szigorodó szabályozásai és a tagállami támogatási politikák állnak (Catsaros, 2023), ami azt vetíti előre, hogy az elektromos autók teljes élettartam-költsége hamarosan versenyképes lehet a hagyományos gépkocsival.

A szabályozói oldalon mérőföldkőnek számít, hogy az EU 2035-től a személyautók és kisteherautók esetén 100%-os CO₂-csökkentést ír elő a 2021-es szinthez képest, ami a fosszilis hajtású új autók értékesítésének betiltását jelenti (kivéve az e-üzemanyagokra képes járműveket) (EEA, 2024b). Átmeneti lépésként 2030-ra a gyártóknak 55%-kal kell csökkenteniük az új autók fajlagos CO₂-kibocsátását. Ezek az előírások erőteljes innovációs nyomást gyakorolnak az autóiparra, és hozzájárultak ahhoz, hogy mára szinte minden nagy autógyártó stratégiai célként kezeli az elektromos modellpaletta bővítését.

A technológiai versenyben az akkumulátoros elektromos járművek dominálnak, de jelen vannak más alternatív meghajtások is. Néhány gyártó hidrogén-üzemanyagcellás személyautókat kínál, amelyek elektromos hajtásúak ugyan, de az energiát nem hálózatról töltött akkumulátorból, hanem a jármű fedélzetén egy tüzelőanyagcellában hidrogénből állítják elő. Ezek gyorsan tankolhatók és nagy hatótávúak, de jóval drágábbak, és Európában a hidrogéntöltő infrastruktúra szinte teljesen hiányzik. Rövid távon ezek a járművek valószínűleg rétegmegoldások maradnak a személyautó-piacon (Jolly, 2024). A hidrogén-technológia inkább a nehezebb járműkategóriákban (buszok, teherautók), vagyis a tömegközlekedésben és az áruszállításban válhat igazán fontossá.

Tömegközlekedés (közúti és kötöttpályás)

A szárazföldi tömegközlekedésben szintén forradalmi változások zajlanak. A városi buszflották elektromosítása különösen felgyorsult. Az EU városaiban 2024-ben az újonnan forgalomba állított autóbuszok 49%-a már zero emissziós volt, ezen belül 46%-uk akkumulátoros elektromos, míg 3%-uk hidrogén-üzemanyagcellás, miközben 2017-ben a dízelbuszok még közel 100%-ban domináltak. A gyors áttéréshez az EU Tiszta Jármű Irányelve, a CO₂-normák szigorítása és a városi zero emissziós zónák egyaránt hozzájárultak. Várható, hogy a 2020-as évek végére az új városi buszok csaknem mindegyike elektromos lesz, 2035–2040-re a teljes flotta kicserélődik tiszta üzeműre (Molliere, 2025).

A vasúti közlekedés az EU-ban már eleve az egyik legtisztább szállítási mód, mivel a fővonalak többsége villamosított. Az innováció ott jelenik meg, ahol eddig dízelüzemet alkalmaztak. Az ilyen mellékvonalakon akkumulátoros vagy hidrogén-üzemanyagcellás vonatok válthatják fel a dízeleket. Akkumulátoros villamos motorvonatok is fejlesztés alatt állnak, amelyek a nem villamosított szakaszokon akkumulátorról, a villamosítottan felsővezetékéről üzemelnek – ezek ott is csökkenthetik az emissziót, ahol a teljes villamosítás nem gazdaságos.

Gazdasági és üzemeltetési szempontból a tömegközlekedési járművek villamosítása gyakran könnyebben megvalósítható, mint az egyéni közlekedésé, mivel a flottaüzemeltetők méretgazdaságossági előnyöket élveznek a töltési infrastruktúra, a hálózati terhelés optimalizálása és a karbantartás terén egyaránt. Továbbá a tömegközlekedés elektrifikációja közvetett gazdasági hasznokkal is jár: csökkenek az utazások környezeti externáliái (kisebb szennyezés, egészségügyi kiadások), javul a szolgáltatás imázsa (modern, csendes járművek), ami növelheti az utasszámot. A kezdeti beruházási igény ugyanakkor nagy, ezért az EU és a tagállamok külön támogatási programokat indítottak az elektromos és hidrogénbuszok beszerzésének ösztönzésére (EC, 2020). A vasútnál pedig az infrastruktúra-fejlesztési támogatások (CEF, Kohéziós Alap) segítik a villamosítást és az alternatív hajtású motorvonatok beszerzését.

Szárazföldi áru fuvarozás (közúti tehergépkocsik és vasúti teherszállítás)

A szárazföldi áruszállítás esetében új meghajtási módokat bevezetni különösen nagy kihívás, hiszen a nehéz tehergépjárművek és kamionok jellemzően hosszú távokat tesznek meg, és eddig dízel-üzemre épült az üzleti modell. Azonban itt is megkezdődött az alternatív meghajtások fejlesztése és bevezetése. Két fő irány rajzolódik ki: az akkumulátoros elektromos teherautók és a hidrogén üzemanyagcellás, valamint a hidrogénnel üzemelő belső égésű motoros teherautók.

Akkumulátoros elektromos tehergépjárművek

Az első sorozatgyártású elektromos kamionok az utóbbi néhány évben jelentek meg (pl. Volvo, Daimler, Scania, Tesla Semi). Fő előnyük a helyi zéró kibocsátás és az egyszerűbb hajtáslánc. Hátrányuk az akkumulátorok tömege, a hosszú töltési idő és a korlátozott hatótáv. Az akkumulátor-technológia fejlődésével a felhasználók köre bővül: ma már regionális szállítást végző nyerges vonatok is kaphatók elektromos kivitelben. Európában 2021-től egyes logisztikai vállalatok (pl. DB Schenker) 40 tonnás elektromos kamionokat üzemeltetnek regionális forgalomban, kedvező tapasztalatokkal (DB Schenker, 2024).

A nehéz teherautók elektrifikációja az EU-ban egyelőre korai fázisban van: 2022-ben az újonnan regisztrált 3,5 tonnánál nehezebb tehergépjárművek kevesebb mint 1%-a volt tisztán elektromos (ACEA, 2023). Az áttörés valószínűleg a 2020-as évek második felében következik be, miután 2025-től életbe léptek a teherautókra vonatkozó CO₂-normák (2030-ra 30%-os, 2035-re 90%-os csökkentési célokkal). Gazdasági szempontból a teljes birtoklási költség (TCO - Total Cost of Ownership) dönti el az átállást: elemzések szerint 2030 körül az elektromos kamionok elérik a dízellel a TCO-paritást, különösen, ha a gázolaj árát karbonköltség terheli és az akkupakk ára tovább csökken (Basma, 2022). A töltőinfrastruktúra kiépítése szintén kulcskérdés: az EU AFIR rendelete előírja a fő közúti folyosókon nehéz teherautók számára alkalmas nagy teljesítményű töltők telepítését 2025–2030 között (CE, 2023a). Várható, hogy az évtized végére az e-teherautók elsőként a városközi és regionális forgalomban terjednek el, míg a távolsági, nagy tömegű szállítmányozásban inkább a hidrogénes megoldások lesznek meghatározók.

Hidrogén üzemanyagcellás és hidrogénmotoros teherautók

A hidrogén alkalmazása a nehézszállítványozásban a másik meghatározó irány. Több nagy gyártó (pl. Daimler, Volvo) indított közös projektet H2Accelerate néven a hidrogén-teherautók piaci bevezetésére Európában (H2Accelerate, 2025). Az üzemanyagcellás teherautók hidrogénből elektromos áramot állítanak elő a hajtáshoz; a hidrogénmotoros kivitelben módosított belső égésű motor égeti el a hidrogént. Mindkét megoldás fő előnye az 500–1000 km-es hatótáv és a gyors tankolás, fő hátránya a viszonylag alacsony energetikai hatásfok és a jelenleg magas üzemanyagköltség. A várakozások szerint a 2030-as évektől a hidrogénkamionok a hosszú távú, nehéz áruszállítás fő eszközeivé válhatnak (Basma, 2022).

Vasúti áruszállítás

EU-szinten már 2021-ben több mint 50%-a a tehervonatoknak villamos mozdonyokkal közlekedett (UNIFE, 2024). A még dízelüzemű vasúti tehervonatok leváltására ugyanazok a megoldások

kínálkoznak, mint a személyszállításban: villamosítás vagy alternatív hajtású mozdonyok (pl. hidrogén üzemanyagcellás mozdonyok). Jelenleg a teherszállítás kibocsátás-csökkentésének fő útja a forgalom további részének áttelepítése a már eleve villamosított vasútra. Erre az EU-ban már a 2010-es évek elejétől megjelentek politikai ösztönzők is: az Európai Bizottság 2011-es fehér könyve célul tűzte, hogy 2050-re a 300 km feletti közúti árufuvarok legalább 50%-át vasútra vagy vízi útra tereljék (EC, 2011), ami jelentősen csökkentené a közúti szektor energiaigényét és kibocsátását.

Összességében a szárazföldi áruszállításban a következő évtized meghatározó kérdése, hogy az elektromos és hidrogéntechnológiák milyen gyorsan válnak költséghatékonyá és megbízhatóvá a nehéz járműveknél. A gazdasági elemzések azt mutatják, hogy megfelelő politikai keretek mellett (szigorú kibocsátási normák, karbonár, infrastrukturális támogatások) a zéró-emissziós teherfuvarozás 2035-re fokozatosan átveheti a dízel szerepét (Basma, 2022).

Vízi közlekedés: személy- és áruszállítás

Személyszállítás (kompok, személyhajók, kis hajók)

A rövidebb távolságú, partközeli hajózásban – különösen a kompoknál – az elektromos hajtás már megjelent mint bevált technológia. 2015-ben Norvégiában állt szolgálatba az első teljesen elektromos komp, amely bizonyította, hogy a rendszeres járatoknál is működőképes a tisztán akkumulátoros üzem (NORLED, 2025). Azóta a skandináv országokban tucatjával helyeznek üzembe elektromos vagy hibrid kompokat, amelyek hatótávja ugyan korlátozott, de csendesebbek és helyi légszennyezést nem bocsátanak ki.

A nagyobb távolságú személyhajóknál – például az óceánjáróknál – az akkumulátoros elektromos hajtás önmagában nem reális a hatalmas energiaigény miatt. Itt az új meghajtási módok a hagyományos hajtóművek alternatív üzemanyagokkal való működtetését jelentik. Az óceánjáró hajók és nagyobb komphajók esetében kísérleti jelleggel alkalmaznak cseppfolyósított földgázt (LNG - Liquefied Natural Gas) vagy gázüzemű motorokat, amelyek kevesebb szén-dioxidot és szennyező anyagot bocsátanak ki, mint a hagyományos nehézolaj. Például több újabb európai komphajó LNG-meghajtású, és a 2020-as évek elején néhány nagy tengerjáró hajó is LNG-vel kezdett üzemelni (MSC Cruises, 2025). Az LNG azonban továbbra is fosszilis üzemanyag, így hosszú távon nem biztosít teljes dekarbonizációt, legfeljebb átmeneti kibocsátás-csökkentést.

A valódi zéró emissziós megoldások között felmerült a hidrogén és a belőle előállítható ammónia (NH_3) használata a hajózásban. Norvégiában épül az első hidrogén üzemanyagcellás komphajó, amely folyékony hidrogénnel üzemel (Holtze, 2023). A hidrogén nagy térfogata és cseppfolyósításának energiaigénye miatt vonzó alternatíva az ammónia: magasabb energiasűrűségű és folyékony formában könnyebben tárolható, bár mérgező és maró jellege nehézkes kezelést igényel. Az ammónia-hajtás intenzív kutatás tárgya: az elterjedtebb alkalmazás a 2030-as évekre várható (Lerh, 2024). Közvetlen elégetéssel az ammónia hozzávetőleg 70%-kal csökkenti egy hajó üvegházhatású gázkibocsátásait a dízelhez képest – feltéve, hogy magát az ammóniát is zöld hidrogénből állítják elő.

A személyhajóknál további innováció a hibrid meghajtás és a parti áramellátás átalakítása: sok új hajót felszerelnek akkumulátorokkal, amelyek révén kikötőbe érve képesek leállítani a főmotorokat és akkumulátorról biztosítani az energiaellátást, elkerülve ezzel a kikötői légszennyezést. Egyre több európai kikötő írja elő a tartózkodás idejére a szárazföldi villamos hálózathoz való csatlakozást (Osipova, 2023).

A kisebb vízi járművek, mint a jachtok, csónakok terén is terjed az elektromos hajtás. Tavak és folyók mentén számos helyen használnak már elektromos hajómotorokat rekreációs célra, és néhány európai város (pl. Amszterdam) előírta, hogy 2030 után csak elektromos csónakok közlekedhetnek a csatornákon (City of Amsterdam, 2025). Bár ezek globális kibocsátási hatása csekély, a lokális környezetre gyakorolt pozitív hatásuk jelentős.

Áruszállítás

A globális tengeri áru fuvarozás – az óceánjáró teherszállító hajók (konténerhajók, tartályhajók) üzemeltetése – az egyik legnehezebben szén-dioxid-mentesíthető ágazat. A hajózási ipar nemzetközi jellege miatt szabályozását az ENSZ Nemzetközi Tengerészeti Szervezete (IMO – International Maritime Organization) koordinálja. Az IMO 2023-ban elfogadott üvegházhatású gáz stratégiája szerint 2050 körülre a nemzetközi hajózásnak törekednie kell a nettó zero kibocsátás elérésére (IMO, 2025). Az áttörést itt is új meghajtási módok és üzemanyagok hozhatják meg.

Jelenleg a legvalószínűbb forgatókönyv szerint a hajók belső égésű motorjai megmaradnak, de az üzemanyag fokozatosan alternatívákra áll át. Ilyenek az LNG, a metanol, az ammónia, illetve a hulladékalapú biodízelszerű anyagok (Amaro, 2023). A zöld metanol ígéretes alternatíva: megújuló forrásból (zöld hidrogénből és befogott CO₂-ből) előállítható, folyékony állapotban könnyen kezelhető, energiasűrűsége megfelelő. Több nagy teherhajózással foglalkozó cég fontolgatja ammónia használatát a 2030-as évekre, feltéve, hogy a hajómotorgyártók sikerrel fejlesztik a biztonságos ammóniamotorokat (Lerh, 2024).

Nagy hajókon az üzemanyagcellák kiegészítő funkcióban is alkalmazhatók: hidrogénből vagy ammóniából fejlesztenek áramot a fedélzeti rendszerek ellátására, csökkentve a főmotor terhelését és kibocsátását. Egyes tervek szerint a jövő hajóin a főhajtómű mellett üzemanyagcellákat is telepítenek, különösen a kikötői tartózkodás és a manőverezés idejére (Jensen, 2024).

Az EU a hajózás zöldítésében elsősorban szabályozó és ösztönző szerepet játszik. Úttörő lépés volt, hogy 2024-től a tengeri szektort bevonták az EU emisszió-kereskedelmi rendszerébe (ETS - Emissions Trading System), illetve elfogadták a FuelEU Maritime rendeletet, amely a hajóüzemanyagok üvegházhatású gáz-intenzitásának fokozatos csökkentését írja elő 2025-től (EC, 2025a). A cél 2050-re ~80–100%-os kibocsátáscsökkentés; addig kötelező az alternatív üzemanyagok arányának növelése (EC, 2023). Mindezzel együtt a hajózás átállása várhatóan lassabb lesz, mint a szárazföldi közlekedésé.

Légi közlekedés: utas- és teherszállítás

Utasszállító repülés (polgári légiközlekedés)

A légi közlekedés – különösen a nemzetközi utasszállítás – a közlekedés legenergiaintenzívebb és legnagyobb kihívást jelentő területe a dekarbonizáció szempontjából. A sugárhajtóműves repülőgépek rendkívül magas energiasűrűségű üzemanyagot igényelnek a hosszú távú repülésekhez, és jelenleg gyakorlatilag kizárólag kerozint égetnek. Ugyanakkor a repülés az EU kibocsátásainak egyre nagyobb szeletét adja (kb. 3-4%-át jelenleg, de arányát tekintve növekszik, mivel más ágazatok csökkennek) (EAA, 2024a). Az EU célja, hogy 2050-re a légi közlekedés nettó nulla kibocsátású legyen, ami több új meghajtási mód együttes alkalmazását teszi szükségessé.

Rövid és középtávon a légi közlekedés fő dekarbonizációs útja a hagyományos kerozin részleges kiváltása fenntartható alternatívákkal (SAF – Sustainable Aviation Fuel). A SAF gyűjtőfogalom:

lehet bioüzemanyag vagy szintetikus e-üzemanyag. A SAF keverhető a hagyományos kerozinnal és módosítás nélkül használható a jelenlegi repülőgépekben. Jelenleg a globális repülőgép-üzemanyag felhasználásának kevesebb mint 1%-a SAF. A 2023-ban elfogadott ReFuelEU Aviation rendelet kötelező arányokat ír elő: 2025-től legalább 2%, 2030-ra 6%, 2040-re 34%, 2050-re 70% SAF a tankolt üzemanyagban (CE, 2023b).

A SAF legnagyobb korlátja a kínálat és az ár: a jelenlegi bioüzemanyag (HEFA eljárással készült biojet) korlátozott mennyiségben érhető el, és ára a kerozin 2–5-szöröse (El-Kharouf, 2024). A nyersanyag (hulladékolaj, zsír) mennyisége korlátozott, ezért nagy volumenű növekedés csak új technológiákkal érhető el. Az EU az Innovációs Alapon keresztül pénzügyi támogatást nyújt a SAF-iparnak, és ETS-engedményt ad a SAF-ot használó légitársaságoknak (SkyNRG, 2023). Várható, hogy a 2020-as évek végére Európában évi több millió tonna SAF áll rendelkezésre – ez még töredéke a teljes kerozinigénynek, de 2030-ra 5–10%-os, 2050-re meghatározó arányú kiváltás reális.

A repülés radikálisan új meghajtási módja lehet a hidrogénes repülőgép, ahol a hidrogén tüzelőanyagcellán át elektromos hajtást biztosít, vagy gázturbinában ég el kerozin helyett. A technológiai nehézségek okán azonban egyelőre inkább a SAF-ban látható a potenciál (Hepher, 2025).

A légiközlekedés elektrifikációja egyelőre csak a kisgépeknél reális, mivel a lítium-ion akkumulátorok energiasűrűsége nagyságrendekkel kisebb a keroziné.

Légi teherszállítás

A teherszállító repülés technológiailag nem különbözik az utasszállítástól, így a meghajtási módok terén az imént vázolt megoldások egy az egyben érvényesek rá. Annyi eltérés van, hogy a teherszállító légitársaságok talán rugalmasabban alkalmazhatnak új üzemanyagokat. Illetve a kisgépes áruszállításnál az elektrifikáció könnyebben megvalósítható. Összességében a légi közlekedésben rövid távon a SAF a legjelentősebb dekarbonizációs eszköz, hosszabb távon a hidrogén hozhat áttörést. Az EU-ban erre a ReFuelEU Aviation rendelet jogi kötelezettséget teremtett (CE, 2023b), az ETS kiterjesztése a légiközlekedésre és a K+F támogatások pedig segítik a szektort a dekarbonizáció felé vezető úton.

Energiaelőállítás és infrastrukturális feltételek

Az új meghajtási módok elterjedése csak akkor vezet valódi kibocsátáscsökkenéshez, ha a szükséges energiát tiszta forrásokból állítjuk elő. Ellenkező esetben csupán áthelyezzük a károsanyag-kibocsátást a járművekről az erőművekbe. Ezért kulcsfontosságú megvizsgálni, hogyan termelhető meg a közlekedéshez szükséges energia fenntartható módon a jelenlegi technológiai trendek alapján.

Villamosenergia-termelés

Az elektromos járművek terjedésével az áramigény növekedni fog, az EU villamosenergia-szektorában pedig gyors ütemben nő a megújuló aránya. 2023-ban az EU áramtermelésének 45,3%-át megújuló energia adta (Enerdata, 2025), és a trend folytatódik. A napelem-kapacitás és a szélenergia-kapacitás egyaránt dinamikusan emelkedik (Lits, 2023). Tanulmányok szerint az elektromos autók széles körű elterjedése nem jelent leküzdhetetlen terhelést a hálózatnak, ha az okos töltés és a megújuló termelés bővülése párhuzamosan halad (Meintz, 2025). Ha azonban a megújuló termelés és a tárolás nem tart lépést a növekvő kereslettel, a fosszilis energiaforrások felhasználása növekedhet – erre átmeneti megoldást az atomenergia is nyújthat.

Az atomenergia az atommagokban rejlő energia felszabadításából származik, amely kétféle magreakció révén valósítható meg: maghasadás (fisszió) vagy magfúzió (magegyesülés) útján (Herczeg, 2024). Jelenleg a fissziós elven működő atomerőművekkel rendelkezünk csak, amelyek 2040-re várhatóan a 2019-es teljesítményük mintegy 74%-át fogják csak képviselni (Füri, 2024). Az EU tagállamai eltérő stratégiákat alkalmaznak, biztonsági és hulladékkezelési aggályok miatt szakmai konszenzus egyelőre nincs az iparág hosszú távú jövőjét illetően.

A nukleáris energiatermelés újabb ágaként a tóriumalapú olvadéksós reaktor komoly ígéretet jelent: Kína 2025 áprilisában e területen technológiai áttörést ért el. A hagyományos uránalapú reaktorokhoz képest biztonságosabban üzemeltethető, a tórium bőségebben áll rendelkezésre az uránnál, és a keletkező radioaktív hulladék kisebb aktivitású és rövidebb felezési idejű (Makronóm Intézet, 2025).

A fúziós erőmű atommagok – például hidrogén-izotópok – egyesülésével hoz létre hatalmas mennyiségű energiát, ugyanazon elv alapján, amely a Napot is táplálja. Fő vonzereje a rendkívül bőséges fűtőanyag és az alacsony környezeti, illetve baleseti kockázat (Herczeg, 2024). Elméleti szinten tehát szinte korlátlan energiaforrást jelenthet. A technológia azonban még nem érett: ipari méretű kereskedelmi fúziós erőmű egyelőre nem működik, a tudományos és mérnöki kihívások megoldása folyamatban van.

Hidrogén előállítása

A hidrogén kulcsszerepet játszhat több közlekedési szektor dekarbonizációjában. A hidrogén azonban nem elsődleges energiaforrás, hanem energiahordozó, amit elő kell állítani. A jelenleg domináns hidrogéntermelési módszer alapanyaga földgáz, ami jelentős CO₂-kibocsátással jár ("szürke hidrogén"). A kívánatos út az elektrolízis megújuló villamos energiával (zöld hidrogén), amely közel karbonsemleges. Megemlítendő még a nukleáris energiából előállított ún. sárga hidrogén is. Az EU 2020-as Hidrogénstratégiája 2030-ra 40 GW elektrolizátor kapacitást és évi ~10 millió tonna zöld hidrogén termelést, valamint 10 millió tonna importot irányzott elő (EC, 2025b). Ezt a célt a REPowerEU terv 2022-ben megerősítette, mivel a földgázfüggőség csökkentése érdekében is jelentős szerepet szánnak a hidrogénnek, különösen olyan iparágakban, mint az acélgégyártás, a vegyipar, de a közlekedésben is (EC, 2025b). Jelenleg a zöld hidrogén ára 8–12 €/kg; 2030-ra 5 €/kg alá csökkentése elengedhetetlen a versenyképességhez (Navarrete, 2024). A korábban említett hidrogénteherautó TCO-paritása ezen árszintnél valósul meg. Ehhez nagyszabású elektrolizátor projektek indultak (Németország, Hollandia, Spanyolország), és megjelent az "európai hidrogénbank" koncepciója, amely garanciákkal és aukciókkal támogatja a zöld hidrogén piaci elterjedését (European Commission, 2023b). A szállítás és tárolás infrastruktúrája szintén fejlesztésre szorul. Összességében a tudomány és ipar jelenlegi állása szerint a hidrogén fontos energiahordozó lesz a közlekedésen túl az ipar és az energiatárolás számára is, így nagy léptékű fejlesztése indokolt.

Szintetikus üzemanyagok (e-üzemanyagok)

Az e-üzemanyagok zöld hidrogén és befogott CO₂ reakciójával állíthatóak elő, és a meglévő motorokban helyettesítik a fosszilis üzemanyagokat. Fő előnyük, hogy a jelenlegi járműflotta is használhatja őket – ez a repülésben és a hajózásban különösen értékes. Hátrányuk a rendkívül alacsony energetikai hatások: az energia csupán 15–25%-a hasznosul a mozgásra, szemben az elektromos hajtás 70–80%-ával (eFUEL-TODAY, 2023). Az e-üzemanyagok hasznosítása ezért ott célszerű, ahol más alternatíva nincs – mint a repülés.

Bioüzemanyagok

A bioüzemanyagok már ma is részei az üzemanyagkínálatnak. Az EU-ban az első generációs, élelmiszer-növény-alapú bioüzemanyagok fenntarthatósága megkérdőjelezhető: szélesebb körű elterjedésük az élelmiszerárak emelkedéséhez és komoly társadalmi költségekhez vezethet. Ezért az EU RED II irányelve 7%-ban korlátozza a hagyományos bioüzemanyagok arányát, és előírja, hogy 2030-ra a közlekedési energia legalább 14%-a megújuló forrásból származzon, ezen belül min. 3,5% fejlett (hulladék- vagy maradékanyag-alapú) bioüzemanyag legyen (EC, 2025c). A bioüzemanyagok jövőbeni szerepe főként a repülésben látszik, ahol a hulladékolaj-alapú SAF az elérhető legjobb alternatívák egyike. A közúti szállításban az akkumulátoros elektromos, a tömegközlekedésben és teherszállításban a hidrogén hajtás várhatóan háttérbe szorítja a bioüzemanyagokat.

Infrastruktúra és energiatárolás

Az új meghajtási módok terjedése kiterjedt infrastruktúrát igényel. A villamosításhoz elengedhetetlen a töltőhálózat bővítése, a hidrogénhajtáshoz az EU célja, hogy 2030-ra a TEN-T hálózaton 150 km-enként H₂-kút álljon rendelkezésre. A vízi közlekedésben új bunkerkapacitások kellenek LNG-, metanol- és ammónia-hajtású hajókhoz; a repülőtereken SAF-raktározási és -elosztó infrastruktúrára van szükség. Az energiarendszer integrációja is kihívás: a sok elektromos jármű egyidejű töltése terhelési csúcsokat okozhat, amit okos töltésmenedzsmenttel és energiatárolással (pl. akkumulátorparkokkal, csúcsidejű zöld hidrogéntermeléssel) lehet kezelni. Az elektromos járművek mozgó akkumulátorként kisimíthatják a keresleti ingadozásokat, a hidrogén pedig szezonális energiatárolásra alkalmas (IRENA, 2022).

Összefoglalás

A közlekedés különböző ágaiban zajló meghajtási forradalom az Európai Unióban már kézzelfogható realitás. Az új meghajtási módok elterjedése ugyanakkor nem pusztán műszaki kérdés, hanem nagymértékben függ a gazdasági feltételektől és a szakpolitikai keretektől is. A közlekedés dekarbonizációjában számos külső hatással, piaci tökéletlenséggel és ágazatok közötti koordinációs problémával kell számolni, amelyek indokolják az állami beavatkozást és támogatást.

A személygépkocsi-szektorban az elektromos autók néhány éven belül átvehetik a belső égésű motorok helyét, köszönhetően a gyors technológiai fejlődésnek és a szigorú kibocsátási normáknak. A tömegközlekedés terén – különösen a buszoknál és a vasútnál – az elektromos és hidrogénhajtású járművek a jövő megoldásai. Az áruszállításban párhuzamosan létezik majd a kétféle technológia: az elektromos kamionok a rövidebb, a hidrogénese a hosszabb utakra optimalizálva. A vízi közlekedés zöldítése is megkezdődött – a metanol- és ammóniahajtású hajók megjelenése forradalminak tekinthető. A légi közlekedésben a kötelező SAF-bevezetés hoz rövid távú változást, a hidrogén pedig hosszabb távon nyithat új fejezetet.

A technológiai váltás mellett a közlekedési rendszerek átfogó átalakítása is szükséges. Az új meghajtású jármű akkor járul hozzá legjobban a gazdasági jóléthez, ha optimális kihasználtsággal működik. Az összes belsőégésű személyautó akkumulátoros elektromosra cserélése kétséges, már csak a kritikus nyersanyagok korlátozott rendelkezésre állása miatt is. Az egyéni autók esetén ezért felmerül a megosztott és autonóm közlekedés jövője: az elektromos és autonóm technológiák kölcsönösen erősítik egymást, az elektromos járművek egyszerűbb szerkezete jól integrálható az AI-alapú közlekedésirányítással.

A siker nem garantált erőfeszítés nélkül. Az energiaelőállítás oldalán hatalmas beruházásokra lesz szükség: a hálózat bővítésére, a megújulók integrálására és a hidrogéngazdaság kiépítésére. A gazdaságpolitikai ösztönzőknek következetesnek és kiszámíthatónak kell lenniük: az EU Fit for 55 csomagja és a Green Deal megadta az irányt, de végrehajtásuk során ügyelni kell a versenyképességre és a társadalmi igazságosságra is.

Fontos kiemelni, hogy nem egyetlen csodamegoldás, hanem a technológiák ötvözte vezet eredményre: a villamosítás, a hidrogén, a bio- és szintetikus üzemanyagok mind részei lesznek a jövő közlekedésének, különböző arányban az egyes szektorokban. Az EU számára különösen fontos az átállás gazdasági és geopolitikai dimenziója: vezető szerepet kell megőrizni az autóiparban és a közlekedési innovációkban, miközben teljesíteni kell a klímacélokat. Ha ez sikerül, Európa egy alacsony karbonkibocsátású, energiahatékony és gazdaságilag fenntartható közlekedési rendszerrel rendelkezhet, amely a polgárok mobilitási igényeit magas színvonalon szolgálja ki.

Hivatkozott források

- Amaro, S. (2023): Shipping giant Maersk unveils world's first vessel using green methanol. <https://www.cnbc.com/2023/09/14/shipping-giant-maersk-unveils-first-vessel-operating-on-green-methanol.html>
- Basma, H. – Zhou, Y. – Rodríguez, F. (2022): *Fuel-cell hydrogen long-haul trucks in Europe: A total cost of ownership analysis*. <https://theicct.org/publication/eu-hvs-fuels-evs-fuel-cell-hdvs-europe-sep22/>
- Catsaros, O. (2023): Lithium-ion battery pack prices hit record low of \$139/kWh. <https://about.bnef.com/blog/lithium-ion-battery-pack-prices-hit-record-low-of-139-kwh/>
- City of Amsterdam (2025): Emission-free zone for pleasure craft. <https://www.amsterdam.nl/en/traffic-transport/boating/emission-free-zone/>
- Council of the European Union (2023a): Regulation (EU) 2023/1804 of 13 September 2023 on the deployment of alternative fuels infrastructure, and repealing Directive 2014/94/EU. *Official Journal of the European Union*, L234, 1–47.
- Council of the European Union (2023b): RefuelEU aviation initiative: Council adopts new law to decarbonise the aviation sector. <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2023/10/09/refueleu-aviation-initiative-council-adopts-new-law-to-decarbonise-the-aviation-sector/>
- DB Schenker (2024): DB Schenker deploys 40 new Volvo FM Electric into its German fleet. <https://www.dbschenker.com/global/insights/news-and-stories/press-releases/db-schenker-deploys-40-new-volvo-fm-electric-into-its-german-fleet-1822826>
- eFUEL-TODAY (2023): Efficiency of e-fuels – How effective are synthetic fuels? <https://efuel-today.com/en/efficiency-of-e-fuels/>
- El-Kharouf, A. (2024): Sustainable aviation fuel – The size of the challenge and opportunity. <https://www.ghd.com/en/insights/sustainable-aviation-fuel---the-size-of-the-challenge-and-opportunity>
- Enerdata (2025): Renewables reached 45% of EU's gross energy consumption in 2023. <https://www.enerdata.net/publications/daily-energy-news/eu-renewables-share-increase-2023.html>
- European Automobile Manufacturers' Association (ACEA) (2023): Fuel types of new trucks: electric 0.6%, diesel 96.6% market share full-year 2022. <https://www.acea.auto/fuel-cv/fuel-types-of-new-trucks-electric-0-6-diesel-96-6-market-share-full-year-2022/>

- European Commission (EC) (2011): White Paper: Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52011DC0144>
- European Commission (EC) (2020): Clean Vehicles Directive. https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/clean-transport/clean-and-energy-efficient-vehicles/clean-vehicles-directive_en
- European Commission (EC) (2023): Decarbonising maritime transport – FuelEU Maritime. https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/maritime/decarbonising-maritime-transport-fueleu-maritime_en
- European Commission (EC) (2025a): Landmark agreement towards achieving net-zero emissions from global shipping by 2050. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_25_1037
- European Commission (EC) (2025b): Supporting clean hydrogen. https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/strategy/hydrogen_en
- European Commission (EC) (2025c): Biofuels. https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/bioenergy/biofuels_en
- European Environment Agency (EEA) (2024a): Greenhouse gas emissions from transport in Europe. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/greenhouse-gas-emissions-from-transport>
- European Environment Agency (EEA) (2024b): New registrations of electric vehicles in Europe. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/new-registrations-of-electric-vehicles>
- Füri, P. (2024): A megújuló energiaforrások és az atomenergia szerepe a klímacélok elérésében. *Nukleon*, 17(2024), 260.
- H2Accelerate (2025): Paving the way for large scale deployment of hydrogen trucks and the expansion of a hydrogen refuelling network throughout Europe. <https://h2accelerate.eu/trucks/>
- Hepher, T. (2025): Airbus postpones development of new hydrogen aircraft. <https://www.reuters.com/business/aerospace-defense/airbus-postpones-development-new-hydrogen-aircraft-2025-02-07/>
- Herczeg, B. (2024): *A fenntartható energiaátmenet nyomában, az energiatrilemma megítélése az EU villamosenergia-piacának tükrében*. Doktori értekezés, Pécsi Tudományegyetem. <https://pea.lib.pte.hu/server/api/core/bitstreams/c57156df-bb7c-4969-b2d1-454f02113f82/content>
- Holtze, B. (2023): World's first hydrogen-powered ship is powered by Ballard fuel cells. <https://blog.ballard.com/marine/worlds-first-liquid-powered-hydrogen-ship-mf-hydra-is-powered-by-ballards-fuel-cells>
- International Maritime Organization (IMO) (2025): IMO's work to cut GHG emissions from ships. <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Cutting-GHG-emissions.aspx>
- International Renewable Energy Agency (IRENA) (2022): *Sector coupling: A key concept for accelerating the energy transition*. https://coalition.irena.org/-/media/Files/IRENA/Coalition-for-Action/Publication/IRENA_Coalition_sector_coupling_2022.pdf
- Jensen, M. (2024): Will future container ships sail on electricity? <https://www.dtu.dk/english/newsarchive/2024/06/will-future-container-ships-sail-on-electricity>
- Jolly, J. (2024): Will hydrogen overtake batteries in the race for zero-emission cars? <https://www.theguardian.com/business/2024/feb/13/will-hydrogen-overtake-batteries-in-the-race-for-zero-emission-cars>

- Lerh, J. (2024): World's first ammonia-fuelled PSV ship to operate in 2026, says Wartsila. <https://www.reuters.com/sustainability/climate-energy/worlds-first-ammonia-fuelled-psv-ship-operate-2026-says-wartsila-2024-08-26/>
- Lits, C. (2023): The rise of solar PV in the EU – key facts. <https://www.solarpowereurope.org/insights/interactive-data/total-eu-27-solar-pv-capacity-a-growth-story>
- Makronóm Intézet (2025): Áttörés a tórium terén: az atomenergia új korszakán állunk. <https://makronom.eu/2025/04/25/torium-uj-korszak-atomenergia/>
- Meintz, A. (2025): *Electric vehicle grid impact analysis and smart-charge management*. <https://www2.nrel.gov/transportation/managed-electric-vehicle-charging>
- Molliere, M. (2025): Half of new EU city buses were zero-emission in 2024. <https://www.transportenvironment.org/articles/half-of-new-eu-city-buses-were-zero-emission-in-2024>
- Navarrete, A. – Zhou, Y. (2024): The price of green hydrogen: How and why we estimate future production costs. <https://theicct.org/the-price-of-green-hydrogen-estimate-future-production-costs-may24/>
- NORLED (2025): MF Ampere marks its 10th anniversary – a world first that started a green revolution. <https://www.norled.no/en/nyhet/mf-ampere-marks-its-10th-anniversary-a-world-first-that-started-a-green-revolution/>
- Osipova, L. – Carraro, C. (2023): Shore power needs and CO₂ emissions reductions of ships in European Union ports: Meeting the ambitions of the FuelEU Maritime and AFIR. <https://theicct.org/publication/shore-power-eu-oct23/>
- SkyNRG (2023): Disentangling ReFuelEU: How will it shape the SAF market? <https://skynrg.com/refueleu-how-it-will-shape-the-saf-market/>

Szerző(k)

Harján Dávid

ORCID [0009-0005-0835-7033](https://orcid.org/0009-0005-0835-7033)

PhD hallgató

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gazdaság - és Regionális Tudományok

Doktori Iskola

E-mail: harjan.david@phd.uni-mate.hu

Nagy Mónika Zita

ORCID [0000-0003-0847-190X](https://orcid.org/0000-0003-0847-190X)

PhD

egyetemi docens

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Agrár- és Élelmiszergazdasági Intézet

E-mail: Nagy.Monika.Zita@uni-mate.hu

Bertalan Péter

ORCID 0000-0002-3736-2334

PhD

tudományos főmunkatárs

VERITAS Történetkutató Intézet és Levéltár

E-mail: drbertalanp@gmail.com

A műre a Creative Commons 4.0 standard licenc alábbi típusa vonatkozik:

[CC-BY-NC-ND-4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

This work is licensed under a

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.



A fenntartható gazdaságfejlesztés és a megújuló energiaforrások kapcsolatrendszerének vizsgálata

Lőrinc Nóra, Némediné Kollár Kitti, Káposzta József

Összefoglalás

A 21. század egyik legmeghatározóbb globális kihívása a fenntartható fejlődés megvalósítása, amely szorosan összefügg a gazdasági növekedés, a környezeti erőforrások megőrzése és a társadalmi jólét közötti egyensúly megteremtésével. Az elmúlt évtizedekben egyre hangsúlyosabbá vált a felismerés, hogy a hagyományos, fosszilis energiahordozókra épülő gazdasági modell hosszú távon nem fenntartható. Az erőforrások kimerülése, a környezetszennyezés, valamint a klímaváltozás egyre érzékelhetőbb hatásai arra ösztönzik a társadalmakat és a döntéshozókat, hogy újra gondolják az energiafelhasználás és a gazdasági fejlődés közötti kapcsolatot. Jelen kutatásunk célja, hogy bemutassuk és elemezzük a fenntartható gazdaságfejlesztés és a megújuló energiaforrások közötti összefüggéseket. A kutatás a megújuló energiaforrások fenntartható gazdasági fejlődéshez való hozzájárulását és társadalmi-gazdasági hatásait vizsgálja, miközben rávilágít ezeknek az energiáknak a mindennapi szerepére, valamint a jövő gazdasági és környezeti kihívásainak kezelésében kínált lehetőségeire. A megújuló energiaforrások alkalmazása lehetőséget teremt arra, hogy a gazdasági növekedés és a környezeti felelősségvállalás összhangba kerüljenek, ezáltal hozzájárulva egy stabilabb, élhetőbb és hosszú távon fenntartható gazdasági rendszer kialakításához.

Kulcsszavak: fenntarthatóság, energiaválság, alternatív energiák, gazdaságfejlesztés, területi összefüggések

JEL: R10, R11, Q20

An examination of the relationship between sustainable economic development and renewable energy sources

Abstract

One of the most significant global challenges of the 21st century is achieving sustainable development, which is closely linked to balancing economic growth, environmental conservation, and social well-being. In recent decades, there has been a growing recognition that the traditional economic model based on fossil fuels is not sustainable in the long term. The depletion of resources, environmental pollution, and the increasingly noticeable effects of climate change are prompting societies and decision-makers to rethink the relationship between energy use and economic development. The aim of our current research is to examine the connections between sustainable economic development and renewable energy sources. The study examines the contribution of renewable energy sources to sustainable economic development and their socioeconomic impacts, while highlighting the role these sources play in everyday life and the opportunities they offer to address future economic and environmental challenges. The use of renewable energy sources creates an opportunity to harmonize economic growth with environmental responsibility, thereby contributing to the development of a more stable, livable, and long-term sustainable economic system.

Keywords: *sustainability, energy crisis, alternative energy sources, economic development, regional contexts*

JEL: *R10, R11, Q20*

Bevezetés

A fenntarthatóság kérdése napjainkban már nem csupán tudományos vagy politikai párbeszéd tárgya, hanem a mindennapi életet is közvetlenül érintő probléma. A szélsőséges időjárási jelenségek gyakoribbá válása, az ökoszisztémák változása, valamint az energiaárak ingadozása mind olyan tényezők, amelyek ráirányítják a figyelmet arra, hogy a jelenlegi gazdasági és energetikai rendszerek átalakítása elkerülhetetlen. A lakosság számára a fenntarthatóság fogalma egyre inkább összekapcsolódik az életminőség megőrzésével: a tiszta ivóvízhez való hozzáférés, a biztonságos és egészséges ételminőség, valamint az élhető környezeti feltételek mind olyan alapvető tényezők, amelyek szoros kapcsolatban állnak az energiafelhasználás módjával és hatékonyságával. Ebben az összefüggésben kiemelt jelentőséget kapnak a megújuló energiaforrások, amelyek alkalmazása lehetőséget teremt arra, hogy a gazdasági fejlődés és a környezetvédelem ne egymással ellentétes, hanem egymást erősítő folyamatként jelenjenek meg. A napenergia, a szélenergia, a vízenergia vagy a biomassza hasznosítása hozzájárulhat az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentéséhez, miközben elősegíti az energiafüggetlenséget és új gazdasági lehetőségeket teremt. A megújuló energiák elterjedése nem csupán környezeti szempontból jelentős, hanem gazdasági szempontból is fontos, hiszen új iparágak megjelenését, innovációt és munkahelyteremtést is eredményezhet (Bartholy et al. 2013).

A fenntartható gazdaságfejlesztés ezért napjainkban olyan összetett megközelítést igényel, amely egyaránt figyelembe veszi a környezeti korlátokat, a társadalmi igényeket és a gazdasági versenyképességet. A megújuló energiaforrások integrálása a gazdasági rendszerekbe kulcsfontosságú lépés lehet egy olyan fejlődési modell kialakításában, amely hosszú távon biztosítja a természeti erőforrások megőrzését és a társadalom jólétét. Ennek megvalósítása ugyanakkor számos kihívással jár, hiszen technológiai, gazdasági és szabályozási kérdéseket egyaránt érint (Szántó-Neumanné, 2025).

Az emberiség demográfiai fejlődéstörténete és a tudományos-technikai ismeretek bővülése között egy öngerjesztő, szimbiotikus kapcsolat figyelhető meg. A termelési és ellátási rendszerek – különösen a mezőgazdaság, az ipar és az orvostudomány – hatékonyságnövekedése történelmileg mindig a népességszám emelkedését vonta maga után. Ezzel párhuzamosan a gyarapodó populáció fenntartása folyamatos technológiai kényszert szült, újabb innovációkat követelve az egyre növekvő igények kielégítésére (Karácsony-Pásztó, 2024). E folyamat legfontosabb korlátját, és egyben motorját, az energiagazdálkodási mérföldkövek jelentették. Amíg az emberi civilizáció kizárólag a biomasszában rejlő energiára támaszkodott, a Föld népessége nem haladta meg az egymilliárd főt; ez tekinthető a preindusztriális korszak természetes eltartóképeségi plafonjának. Az áttörést a szénkorszak hozta el: a bányászati technológia fejlődése, nevezetesen a mélyművelésű bányák víztelenítését megoldó szivattyúk feltalálása lehetővé tette a fosszilis energiák tömeges kiaknázását, amelynek hatására az emberiség létszáma hárommilliárdra duzzadt (Therborn, 2013, Csath, 2020, 2023).

A 20. század közepétől dominánssá váló kőolajkorszak újabb robbanásszerű növekedést eredményezett, tovább gyarapítva a világ népességét további hárommilliárd fővel. Napjainkban a földgáz, az atomenergia és a megújuló források együttes alkalmazásának korát éljük, ahol a technológiai komplexitás már egy nyolcmilliárdos globális populáció ellátását hivatott biztosítani. E történelmi ív rávilágít arra, hogy minden egyes energetikai szintlépés egyben demográfiai ugrást is jelentett, kijelölve a jelenkor számára a fenntartható hatékonyságnövelés kényszerpályáját. A

Bruntlandi Jelenésben is megfogalmazódott: „Kulcskérdésként ismeri fel az energia, főleg a foszszilis energiaforrások szűkösségét, s az abból származó környezetszennyezést, s előrevetíti az éghajlatváltozás lehetőségét is.” (Gyulai, 2016.) Napjainkra az emberiség történetéhez mérten rendkívül rövid idő alatt alakult ki egy olyan energetikai rendszer, amelynek közel 80%-át foszszilis források teszik ki. Ez a struktúra azonban súlyos környezeti terheléssel és fenntarthatósági kockázatokkal jár. A globális felmelegedés és a pusztító környezeti hatások mérséklése érdekében alapvető társadalmi és gazdasági célkitűzéssé vált a primer energiafelhasználás csökkentése. Jelenlegi ismereteink szerint a fenntartható fejlődés kizárólag az egy főre jutó fogyasztás racionalizálásával, valamint a megújuló források – mint a nap-, szél-, víz- és geotermikus energia – részarányának drasztikus növelésével biztosítható.

Az Európai Unió környezetpolitikájának formálódása az 1973-ban útjára indított Környezetvédelmi Akcióprogramok (EAP) sorozatával vette kezdetét. Míg az első két program az alapok lefektetését és a folyamatosság megteremtését szolgálta, az 1982-es harmadik EAP már paradigmaváltást hozott: ekkor fogalmazódott meg először a környezetvédelmi szempontok integrálásának igénye a közösség egyéb szakpolitikáiba. Az igazi „környezetvédelmi boom” azonban az 1986-os Egységes Európai Okmány (SEA) életbelépésével vette kezdetét, amely a környezetvédelmi politikát kiemelte alárendelt szerepéből és a „környezetet figyelembe vevő növekedés” elvét tette meg központi célkitűzéssé (Herczeg-Pintér, 2024). Ekkor vált uralkodó ideológiává az ökológiai modernizáció, amely a környezetvédelmet már nem a gazdasági növekedés gátjaként, hanem annak alapvető előfeltételeként definiálta. A gazdaság- és környezetpolitika közötti látszólagos érdekellentétet elméleti szinten az 1990-es évek elején sikerült feloldani. Az 1992-es Maastrichti Szerződés, valamint a Riói Csúcs határozatai a fenntartható fejlődést tették az Unió irányadó elvévé. Ezt a folyamatot mélyítette el az 1998-as Cardiffi Csúcs, amely konkrét intézkedési terveket vázolt fel a szakpolitikai integrációhoz és végül elvezetett a 2001-ben a Göteborgi Csúcson bemutatott közösségi szintű Fenntartható Fejlődés Stratégiájának (SDS) kidolgozásához (Costa, 2012).

Ugyanakkor a fogalmi keretek rögzítése nem volt mentes a szakmai vitáktól. Kritikusok rámutatnak, hogy a Maastrichti Szerződésben a fenntartható fejlődés mellett párhuzamosan megjelentek a „fenntartható növekedés” és a „fenntartható haladás” terminusai is. Ez a megosztottság – amely egyes értelmezések szerint a fejlődő országok és az EU eltérő érdekeit tükrözte – veszélyes kiskapukat nyithatott a gazdasági érdekcsoportok számára és fellazította az eredeti környezetvédelmi célkitűzéseket. A gyakorlati megvalósítás nehézségeit jól tükrözte az ötödik EAP (1992–1997), amely bár a Riói Alapelvekre épült, mégis kevésbé markáns vállalásokat tartalmazott. Kimaradtak belőle például a nyersanyagfelhasználás csökkentésére vagy az elosztási anomáliákra vonatkozó konkrétumok. Az ágazati politikákba való beágyazódás kudarcát példázza az energiaszektorra érintő közös szén-dioxid- és energiaadó (CO₂/energy tax) tervezete is, amely az érdekegyeztetések során kötelező érvényű szabályozásból pusztán ajánlássá szelődött.

Összegzőképpen megállapítható, hogy az uniós akcióprogramok történetét végig kíséri a gazdasági növekedés és a környezeti integritás közötti feszültség. Bár deklaratív szinten a fenntartható fejlődés kizárólagos prioritássá vált, a gyakorlati implementáció és a döntéshozatali mechanizmusok továbbra is tükrözik a mélyen meghúzódó gazdasági érdekellentéteket. A környezetpolitikai alapelvek jogi megerősítésének következő mérföldköve az 1999-es Amszterdami Szerződés volt, amely a korábbi kezdeményezéseket közösségi célkitűzéssé emelte. A szerződés rögzítette, hogy a környezetvédelmi követelményeket – különös tekintettel a fenntartható fejlődés előmozdítására – szervesen be kell illeszteni az Európai Közösség valamennyi politikájának és tevékenységének meghatározásába. Ezt a töretlennek tűnő fejlődési ívet azonban a 2000-es Lisszaboni Csúcs némileg megtörte. A kedvezőtlen globális gazdasági prognózisok hatására a döntéshozók egy olyan stratégiát alkottak meg, amely elsősorban a versenyképességre, a tudásalapú gazdaságra és a társadalmi

kohézióra fókuszált. Ebben a megközelítésben a környezetvédelmi szempontok ideiglenesen háttérbe szorultak a gazdasági növekedés és a foglalkoztatáspolitikai célok mögé. Erre a kettősségre válaszul született meg a hatodik Környezetvédelmi Akcióprogram (*„Környezet 2010: A jövőnk a mi választásunk”*), amely már olyan kiemelt területeket is nevesített, mint az éghajlatváltozás elleni küzdelem, a biodiverzitás megőrzése és a fenntartható erőforrás-gazdálkodás.

A program legfőbb innovációja a tematikus stratégiák kidolgozása volt, amelyek célja a jogalkotás hatékonyságának javítása, a piaci szereplőkkel való szorosabb együttműködés, valamint a lakosság környezettudatos tájékoztatása volt. A hiányzó láncszemet végül a 2001-es göteborgi csúcstalálkozó pótolta, ahol a lisszaboni folyamat kiegészült a környezetvédelmi dimenzióval. Itt fektették le az EU Fenntartható Fejlődési Stratégiájának (SDS) alapjait, amely a tiszta energiafelhasználást, a felelős erőforrás-gazdálkodást és az integrált közlekedési rendszereket helyezte előtérbe. A göteborgi stratégia egyik kulcsfontosságú funkciója volt, hogy katalizátorként ösztönözze a tagállamokat saját nemzeti fenntarthatósági dokumentumok és ágazati stratégiák kidolgozására (Kozma, 2018). Az Európai Unió fejlődéstörténetét tekintve látható, hogy bár évtizedeken át a foglalkoztatás és a gazdasági expanzió álltak a fókuszban, mára megszilárdult a felismerés, hogy a tartós növekedés elválaszthatatlan a fenntarthatóságtól. Napjainkban az Unió egy olyan komplex modell megvalósításán fáradozik, amely a szociálisan érzékeny piacgazdaságot a természeti értékek védelmével ötvözi. Ez a megközelítés a környezetvédelemre az emberi életminőség javításának zálogaként tekint, megvalósítását pedig a tagállamok közötti szoros együttműködésre és az önálló, de összehangolt nemzeti stratégiákra alapozza. Az Európai Unió stratégiai prioritásai között központi helyet foglal el az alacsony szén-dioxid-kibocsátású társadalomra való áttérés, amely túlmutat a szorosabban vett környezetvédelmi célkitűzéseken (Bourdieu, 2010). A szabályozási környezet folyamatos modernizálása és egyszerűsítése azt a célt szolgálja, hogy vonzóbbá tegye a köz- és magánszféra beruházásait a tiszta energiára irányuló projektekben. Ez a szemléletmód a „hármasszorzat” elvére épül: egyszerre szolgálja a globális klímacélokat, serkenti a gazdasági növekedést, valamint közvetlen előnyöket kínál a végfogyasztóknak.

Az Európai Energiaunió keretrendszere garantálja, hogy a megbízható, megfizethető és fenntartható energetikai rendszerek létrehozása minden szakpolitikai területen kiemelt hangsúlyt kapjon. Ezen fenntartható energiaágazat kialakítása nem csupán az ökológiai lábnyom csökkentését jelenti, hanem az innováció és a munkahelyteremtés motorjaként is funkcionál, miközben a választék bővítésével és a fogyasztói jogok megerősítésével közvetlenül javítja az állampolgárok életminőségét. A Párizsi Megállapodásban vállalt nemzetközi kötelezettségek teljesítése érdekében az uniós fellépések két fő pillérre támaszkodnak: a megújuló energiaforrások arányának növelésére és az energiahatékonyság drasztikus javítására. Ez utóbbit olyan gyakorlati eszközök támogatják, mint a környezettudatos tervezés irányelvei és az energiacímkézés rendszere, amelyek együttesen teszik lehetővé a háztartási energiaköltségek érdemi mérséklését. A stratégiai célok megvalósítását az Unió kiterjedt finanszírozási és hitelezési programokkal támogatja, amelyek célzottan segítik a vállalkozásokat és a régiókat a sikeres energiaprojektek kivitelezésében. Ezen túlmenően az EU globális szinten is meghatározó szereplőként lép fel: nemzetközi partnerségek révén törekszik az energiaellátási kihívások kezelésére, valamint egy minden korábbinál megbízhatóbb és versenyképesebb európai energiapiac megszilárdítására (Vokony-Hartmann, 2025).

A Göteborgi Csúcson meghatározó fordulat következett be az európai szakpolitikákban: a döntéshozók kimondták, hogy a fenntartható fejlődés stratégiája nem csupán elméleti keret, hanem olyan gyakorlati eszközrendszer, amely új lehetőségeket nyit a környezetvédelmi szempontok energiapolitikai érvényesítéséhez (Jakab, 2016). Az Európai Tanács itt fogalmazta meg alapvető célkitűzésként a gazdasági, szociális és környezeti politikák összehangolását, és hat olyan kritikus területet jelölt meg, ahol a fejlődés iránya nem volt fenntartható. Ezek közé tartoznak az éghajlatváltozás és

a tiszta energiaforrások kérdése, a környezetegészségügy, a természeti erőforrások védelme, a közlekedési rendszerek és a területhasználat, valamint a társadalmi kirekesztettség és az idősödő társadalom kihívásai. A stratégia megvalósításához elengedhetlenné vált egy objektív mérési rendszer, az úgynevezett fenntartható fejlődési indikátorkészlet (SDI) kidolgozása. Bár az ENSZ már 1996-ban összeállított egy 134 mutatóból álló listát az Agenda 21 alapján, a módszertani egységességet végül a Statisztikai Program Bizottság (SPC) által 2001-ben felállított nemzetközi szakértői munkacsoport teremtette meg.

Anyag és módszer

Kutatásunkban többféle különböző területi szintű statisztikai vizsgálat eredményeit elemeztük. Ezek az alábbiak voltak:

- A nemzetközi mutatók vizsgálata során az Európai Unió 27 tagállamának értékeit hasonlítottuk össze, köztük kiemelve Magyarország értékét is, valamint az EU-átlagot is.
- Az országos tendenciák bemutatását idősor-elemzéssel végeztük el.
- A területi vizsgálatok esetében települési szintű térképi megjelenítést alkalmaztunk.

A területi adatokat az Országos Területfejlesztési és Területrendezési Információs Rendszerből (TeIR) alapján gyűjtöttük, ezen belül is a Központi Statisztikai Hivatal, illetve a Nemzeti Adó- és Vámhivatal adatait dolgoztuk fel. A vizsgálat során MS Excel és MS Word programokat használtuk. Emellett a statisztikai adatok térképi megjelenítését a QGIS online térinformatikai program segítségével készítettük el.

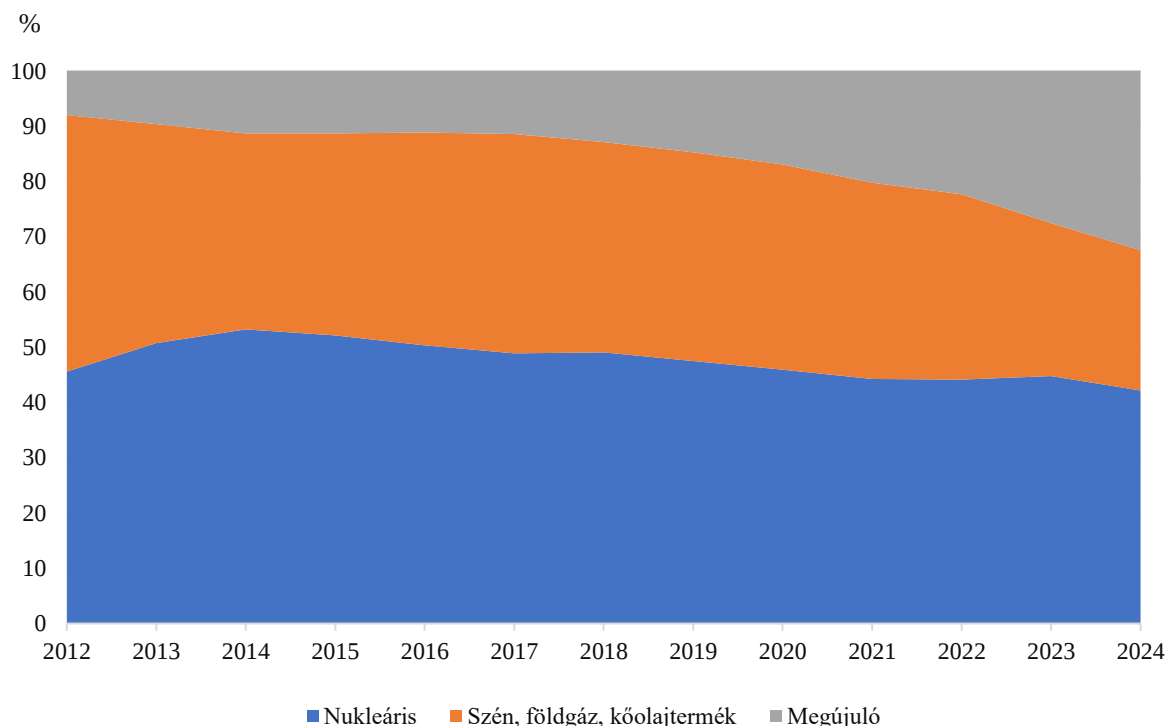
Vizsgálati eredmények

A megújuló energiaforrások részarányának alakulása a végső energiafelhasználáson belül az Európai Unió és Magyarország vonatkozásában eltérő szerkezeti dinamikát mutat a 2013 és 2024 közötti időszakban. Míg az uniós átlagot egy folyamatos, lineáris növekedés jellemzi, a magyarországi adatsor egy kezdeti, bizonytalan szakaszt követően fenntartható bővülésre váltott. A hazai mutató a vizsgált periódus elején még az uniós bázis felett helyezkedett el, azonban 2017-re egy jelentős relatív visszaesés következtében a görbék metszik egymást. Megállapítható, hogy a magyar energiatranszformáció dinamikája, bár pozitív irányú, a végső energiafelhasználás zöldítése terén továbbra is jelentős strukturális adaptációt igényel az EU-átlag eléréséhez.

Az Európai Unió tagállamainak megújuló energiafelhasználását elemezve megállapítható, hogy a rangsor éllovasai a balti és skandináv országok, ahol Lettország (LV), Finnország (FI) és Svédország (SE) szembevetve, 25% feletti vagy azt megközelítő részarányt értek el. Magyarország jelenleg a középmezőny alsó felében helyezkedik el, és nagyjából 12%-os értékével szinte pontosan a 12,5% körüli uniós átlag (EU) szintjén teljesít. Ezzel szemben a sereghajtók, például Írország (IE), Luxemburg (LU), Hollandia (NL) és Málta (MT) esetében a mutató 7% alatt marad. Az adatok alapján kirajzolódó jelentős különbségek rávilágítanak az éllovasok és a lemaradók közötti szakadéokra, amelyet alapvetően az eltérő földrajzi adottságok és a tagállami energiapolitikai prioritások határoznak meg.

A magyarországi villamosenergia-mérleg 2012 és 2024 közötti alakulása a rendszerszintű belföldi felhasználás és a rendelkezésre álló források erőteljes, ám strukturális feszültségekkel teli egyensúlyát jelképezi. Az elemzés szerint 2012 és 2024 között a hazai termelés kiterjedése nem volt elegendő a teljes kereslet kielégítésére, így az ellátásbiztonság fenntartásához folyamatos és jelentős mértékű behozatali kényszer szorult. Különösen figyelemre méltó a 2024-es év, amelyben a belföldi

felhasználás és a kivitel együttes emelkedése a termelés és az import párhuzamos bővülését eredményezte, elérve a periódus legmagasabb összteljesítményét. Ez a tendencia rávilágít a hazai erőművi portfólió rugalmasságának fontosságára, valamint az ország nemzetközi energiapiaci egyesítésének mélységére. A mérleg szerkezete megerősíti, hogy a gazdasági aktivitás fokozódása közvetlenül növeli az importfüggőséget, amennyiben a hazai fejlesztések nem tartanak lépést a bővülő igényekkel.

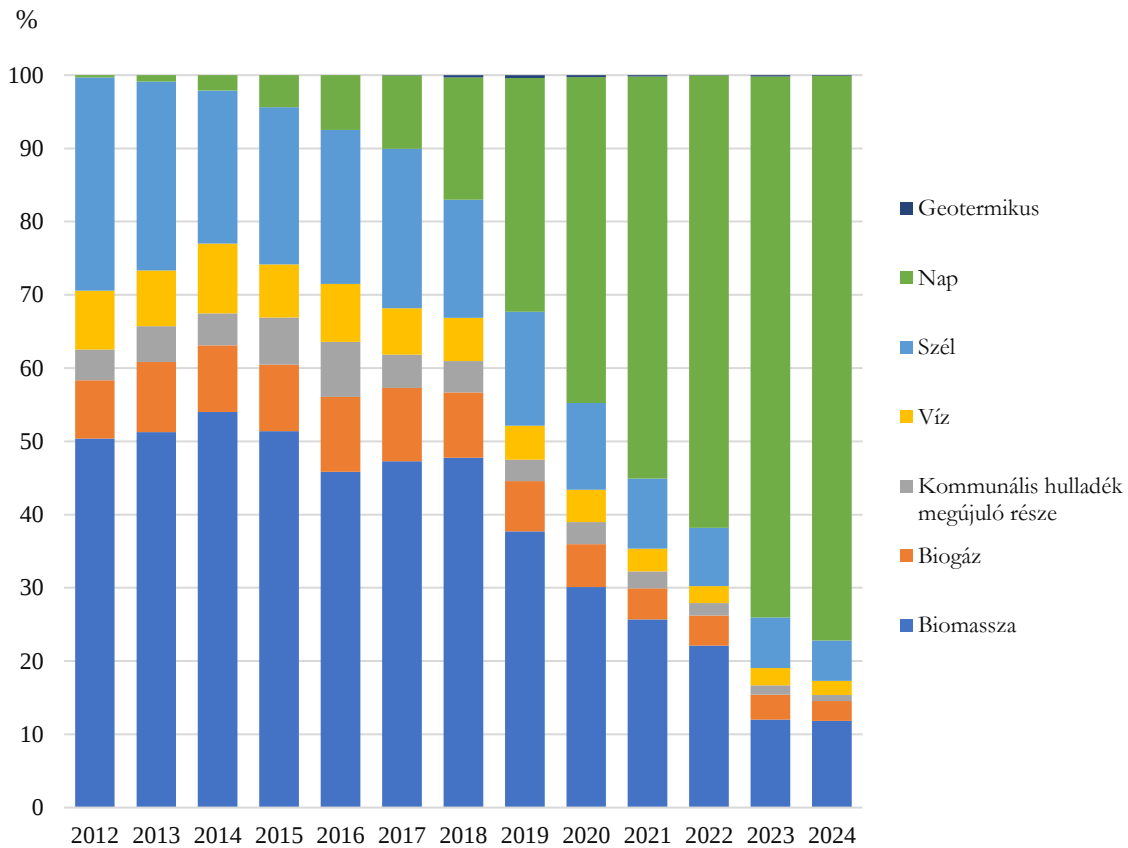


1. ábra. Bruttó villamosenergia-termelés a főbb energiaforrások típusa szerint Magyarországon, 2012–2024

Forrás: MEKH, KSH adatok alapján saját szerkesztés (2026)

A magyarországi bruttó villamosenergia-termelés forrásösszetételének 2012 és 2024 közötti alakulása a hazai energetikai szektor jelentős felépítési átalakulását tükrözi. Megállapítható, hogy a nukleáris energia részaránya a vizsgált periódus egésze alatt meghatározó volt, ezzel bebiztosítva a nemzeti villamosenergia-rendszert.

Ezzel párhuzamosan a fosszilis energiahordozók – különösen a szén és a földgáz – részaránya látványos, trendszerű csökkenést mutat. A legdinamikusabb változás a megújuló energiaforrások térnyerése terén figyelhető meg, amelyek súlya a 2010-es évek második felétől kezdve jelentősen növekedett. Ez elsősorban a napelemparkok elterjedésének köszönhető, illetve a napsütéses órák számának növekedésének. A nukleáris és a megújuló energia együttes kiemelkedése új típusú rugalmassági kihívások elé állítja a hálózati infrastruktúrát. Az energiamix ilyen jellegű különbözősége alapvető fontosságú az ország importfüggőségének mérséklése és a fenntartható gazdasági fejlődési pálya fenntartása szempontjából (1. ábra).



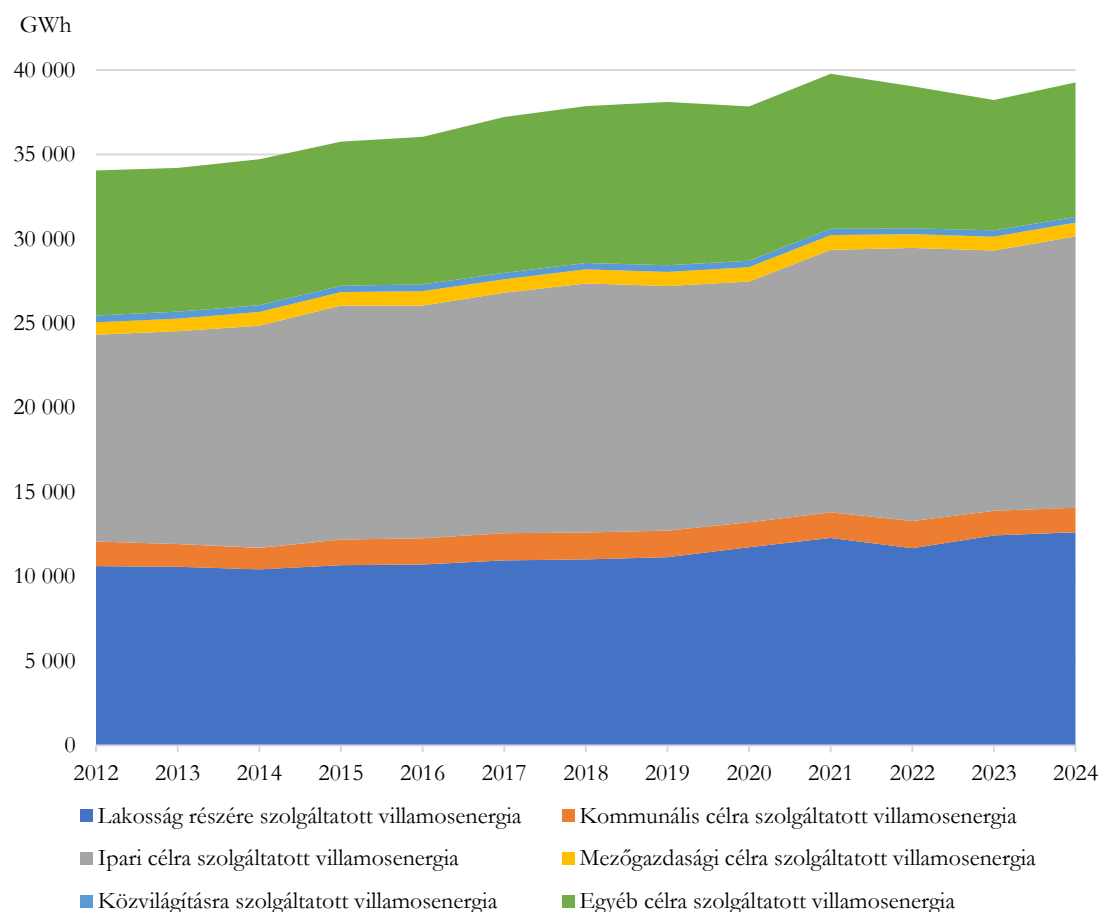
2. ábra. Bruttó villamosenergia-termelés megújuló típusának a részletezése, 2012–2024

Forrás: MEKH, KSH adatok alapján a szerző saját szerkesztése (2026)

A 2012 és 2024 közötti időszakban a magyarországi megújuló alapú villamosenergia-felhasználás látványos fejlődési pályát írt le, amely két jól elkülöníthető szakaszra bontható. Az időszak első felében, 2012 és 2017 között a megújulók részaránya a bruttó végső fogyasztáson belül viszonylag alacsony szinten stagnált, jellemzően a 6% és 8% közötti sávban mozogva. Ebben az öt évben a növekedés dinamikája még mérsékelt volt, és a szektor súlya érdemben nem változott a hazai energiamixben. A valódi áttörés 2018-ban kezdődött meg, amikor a mutató 8% fölé emelkedett, majd az ezt követő években a növekedés üteme szinte exponenciálissá vált. A 2. ábra tanúsága szerint a részarány 2019-ben átlépte a 10%-os lélektani határt, 2022-ben pedig már a 15%-ot is meghaladta. A folyamat az évtized közepéhez közeledve tovább gyorsult: az utolsó két vizsgált évben tapasztalható ugrásszerű bővülés eredményeként a megújuló energiaforrások részaránya 2024-re elérte a 24,1%-ot. Ez azt jelenti, hogy tizenkét év alatt a zöldenergia súlya csaknem a négyszeresére nőtt, ami a hazai napenergia-kapacitások és egyéb megújuló beruházások rendkívül intenzív integrációját tükrözi a magyar energiarendszerbe (2. ábra).

A lakossági fogyasztás viszonylag egyenletesen, kisebb ingadozásokkal növekszik 2012 és 2024 között. A vizsgált időszak két végpontja között megközelítőleg 2500 GWh-val növekedett a lakosság számára szolgáltatott villamosenergia mennyisége. Ez a mérsékelt növekedés több tényezővel magyarázható, például az elektromos háztartási eszközök elterjedésével, az életmódbeli változásokkal, valamint az energiaárak és szabályozások hatásaival. Ezzel szemben a nem lakossági felhasználás – különösen az ipari szektor – sokkal nagyobb arányt képvisel a teljes fogyasztáson belül, és egyben a növekedés fő hajtóereje is. Az ipari célú villamosenergia-felhasználás a legjelentősebb

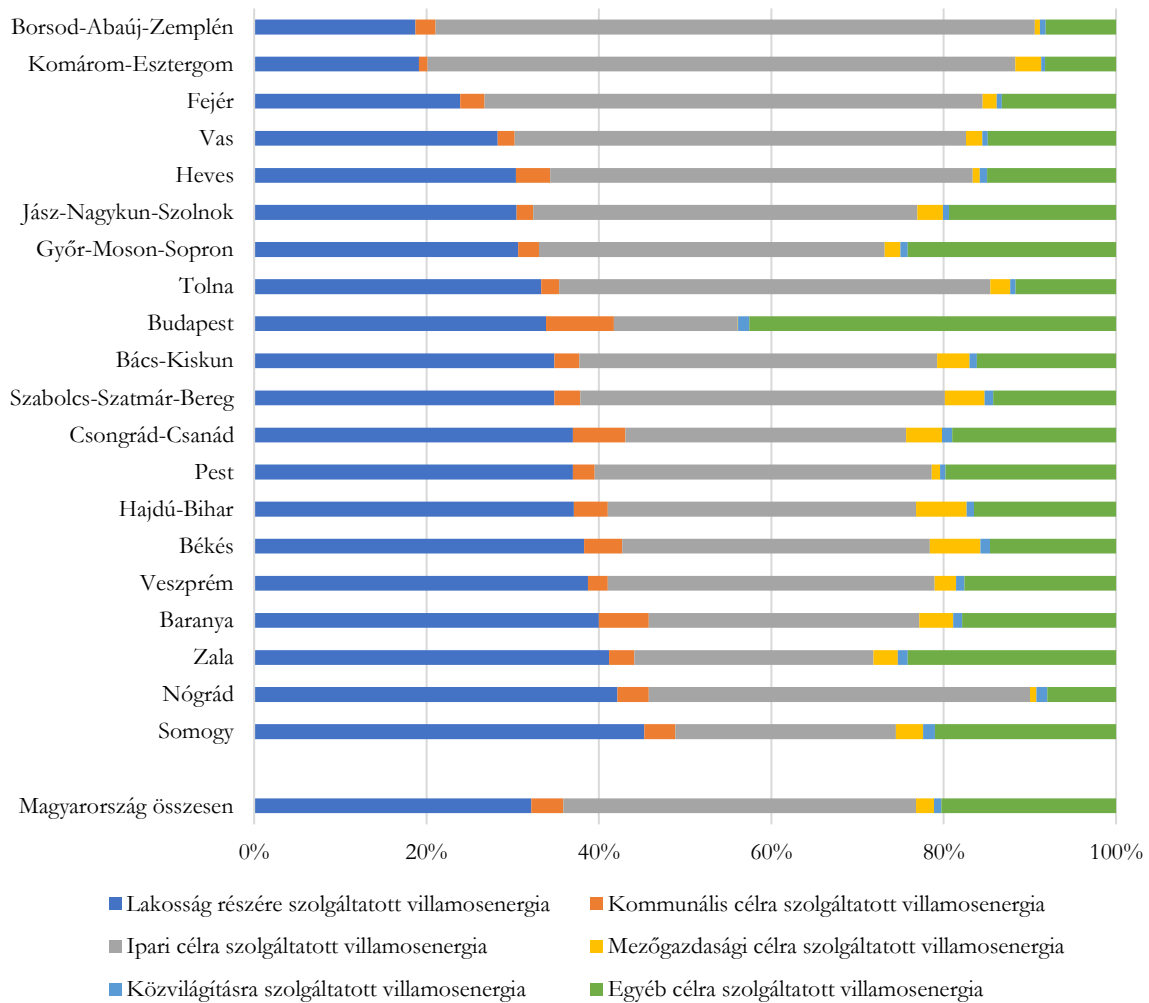
2012 és 2024 között, sőt mi több, a vizsgált időszakban folyamatosan emelkedett. Ez arra utal, hogy a gazdasági tevékenység bővülése, a termelés növekedése és az ipar energiaigényessége jelentős hatással van az összefogyasztás alakulására. Megfigyelhető azonban, hogy 2020-ban, illetve 2022-ben hazánkban kisebb mértékű visszaesés volt jellemző az energiafelhasználásra. Ezek az ingadozások többek között a Covid-járvánnyal is magyarázhatóak, emellett a jelenlévő energiaválsággal is összefüggésbe hozható. A többi nem lakosság számára szolgáltatott villamosenergia aránya viszonylag stabil, így ezek kevésbé befolyásolják az összképet.



3. ábra. Az összes szolgáltatott villamosenergia megoszlása Magyarországon, 2012–2024

Forrás: KSH adatok alapján saját szerkesztés (2026)

Összességében megállapítható, hogy Magyarország villamosenergia-felhasználásának alakulását elsősorban a nem lakossági szektor, azon belül is az ipar határozza meg, míg a lakossági fogyasztás kiegyensúlyozottabb, lassabb ütemű növekedést mutat (4. ábra)

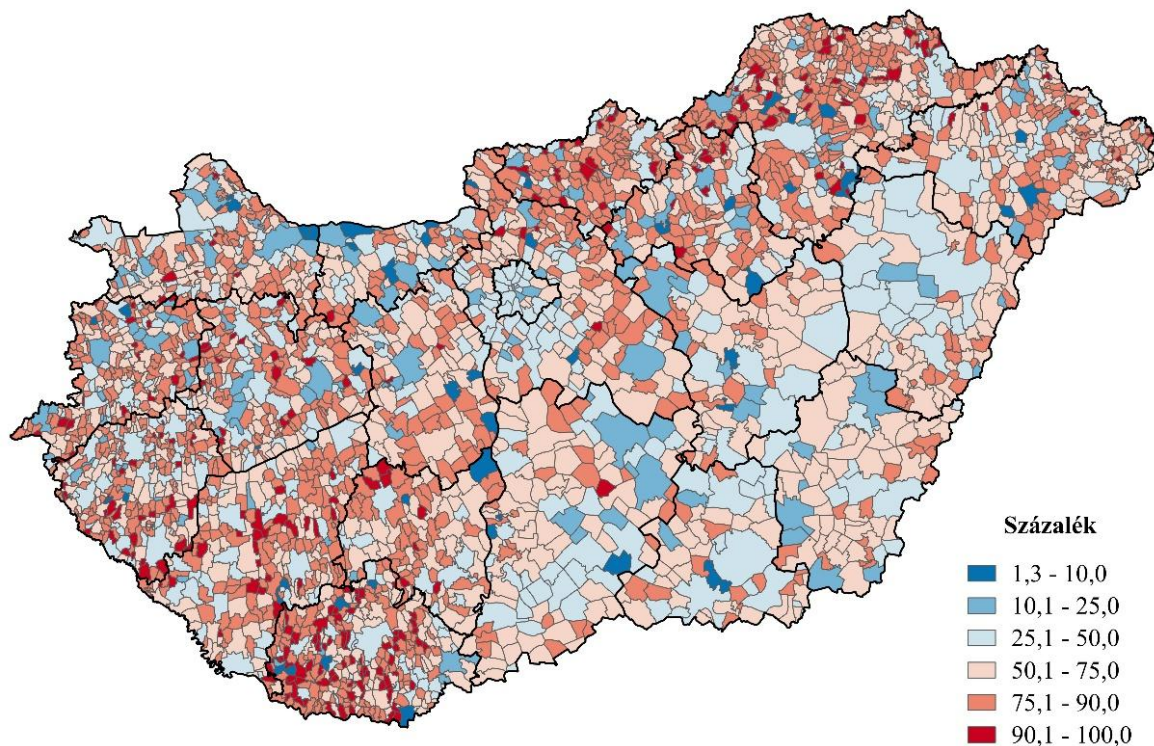


4. ábra. Az összes szolgáltatott villamosenergia megoszlása vármegyék szerint, 2024

Forrás: KSH adatok alapján saját szerkesztés (2026)

A vármegyei szintű villamosenergia-szolgáltatás 2024-es megoszlása markánsan tükrözi az egyes országrészek gazdasági profilja és energiaigénye közötti strukturális különbségeket. Az adatsorok alapján egyértelműen kirajzolódik a nehézipari és gyártókapacitásokkal rendelkező vármegyék, például Borsod-Abaúj-Zemplén, Komárom-Esztergom vagy Fejér vármegyék vezető szerepe, ahol az ipari célú felhasználás aránya messze meghaladja a lakossági szektorét. Ezzel szemben Somogy, Nógrád és Zala vármegyékben a fogyasztási szerkezetet a lakossági igények határozzák meg, ami az ipari bázis relatív súlytalanságára és a szolgáltatói jelleg erősödésére utal. Budapest sajátos helyzete is szembevetendő, hiszen a fővárosban az egyéb célú energiafelhasználás mellett a kommunális szolgáltatások aránya is az országos átlag felett alakul. A mezőgazdasági célú villamosenergia-szolgáltatás elsősorban az Alföldön, így Hajdú-Bihar és Békés vármegyékben mutatkozik releváns tényezőnek, bár súlya mindenütt elmarad a főbb ágazatokétól. Az összesített országos mérleg egy olyan vegyes gazdaságszerkezetet mutat, amelyben az ipar és a lakosság együttesen felelnek a kereslet több mint kétharmadért. Összességében a diagram igazolja, hogy a vármegyei energiamixek összetétele szoros korrelációban áll a helyi gazdaságfejlesztési irányokkal és a területi munkamegosztásban betöltött szereppel (4. ábra)

A 5. ábrán a lakossági villamosenergia-felhasználás aránya látható, amely a magyar gazdasági térszerkezet és a regionális ipari fejlettség egyik fontos, kiemelt indikátora. A lakosság részére szolgáltatott villamosenergia aránya települési szinten jelentős eltéréseket mutat 2024-ben. Kirajzolódik a lakossági felhasználás magas aránya az aprófalvas térségekben, továbbá a nem lakossági fogyasztás magas részesedése az ipari központoknak számító települések (pl. Tiszaújváros, Kazincbarcika, Göd, Dunaújváros, Komárom, Ózd, Hatvan, Győr) esetében.



5. ábra. A lakosság részére szolgáltatott villamosenergia aránya, 2024

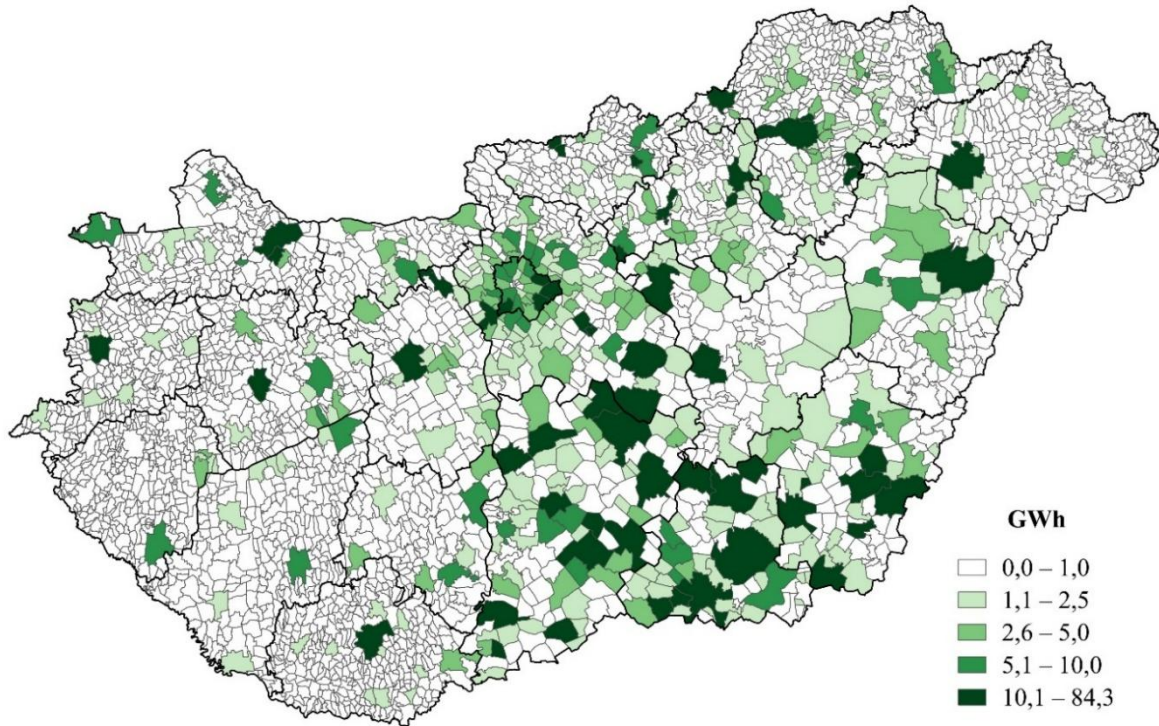
Forrás: KSH adatok alapján saját szerkesztés (2026)

Az adatok egyértelműen rávilágítanak az ország strukturális kettősségére, illetve a településhálózati sajátosságokra. Az alacsony, 25%-nál alacsonyabb lakossági részesedéssel jellemzett körzetek – elsősorban a központi régió és a Győr–Budapest gazdasági-ipari tengely – a nemzetgazdaság motorjai, ahol az ipari és szolgáltatási szektorok energiaigénye háttérbe szorítja a háztartási fogyasztást. Ezzel szemben a 75% feletti értékekkel a perifériára szorult, jellemzően Észak-Magyarország és Dél-Dunántúl régiók kistelepülései rendelkeznek. Ezekben a térségekben a fogyasztás szinte kizárólag a lakhatási szükségletekre korlátozódik, ami a lokális ipari bázis és a tökevonzó képesség hiányát tükrözi. A 2024-es adatok megerősítik, hogy a magyar felzárkózási pálya területi különbségei továbbra is jelentős kihívásokat jelentenek; a fenntartható fejlődés alapfeltétele a gazdasági aktivitás földrajzi kiterjesztése lenne (5. ábra).

A 6. ábra a hálózatba visszatáplált összes villamosenergia mennyiségét mutatja. A hálózatba visszatáplált villamosenergia mennyiségének 2024-es térbeli eloszlása a hazai decentralizált energiatermelést és a napelemes rendszerek elterjedtségét szemlélteti. A legmagasabb visszatáplálási értékek az Alföld középső és déli területein koncentrálódnak, ahol magasabb a napsütéses órák

száma. Ezzel párhuzamosan a budapesti agglomeráció és a megyeszékhelyek környéke is kiemelkedően magas, elsősorban a lakossági és vállalati kiserőművek (háztartási méretű kiserőmű, saját célra termelő erőmű) sűrűsége miatt.

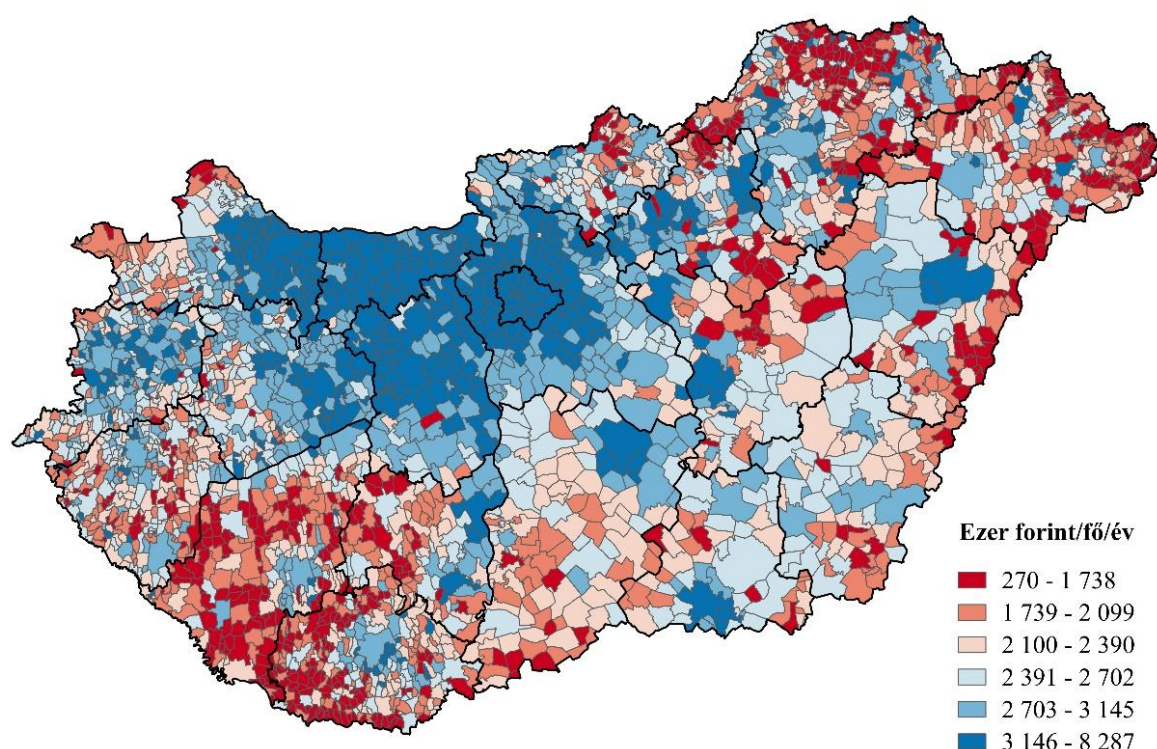
Ezzel éles ellentétben állnak az Észak-Magyarország és a Dél-Dunántúl régiók, főképp határmenti településeik, ahol a domborzati viszonyok és a hálózati infrastruktúra korlátai egyaránt mérséklék a visszatáplálást.



6. ábra. A hálózatba visszatáplált összes villamosenergia mennyisége, 2024

Forrás: KSH adatok alapján a szerző saját szerkesztése (2026)

2024-ben a hálózatba visszatáplált összes villamosenergia mennyisége csaknem 2,8 ezer GWh volt, melynek települési szintű adatai szintén jelentős különbségeket mutatnak. Azon térségekben és településeken (pl. Tázlár, Szeged, Orosháza), ahol az éves napsütéses órák száma magasabb, ott a hálózatba visszatáplált villamosenergia mennyisége is magasabb. Az adatok világosan jelzik, hogy a zöldátállítás dinamikája szorosan követi a tökevonzó képességet és a meglévő hálózati fogadóképességet. A megújuló energiatermelés hazánkban ma még regionális jellegű, semmint országosan homogén folyamat. Ez a mintázat kijelöli a jövőbeli hálózatfejlesztési igényeket is, amelyek elengedhetetlenek a kiegyensúlyozottabb országos energiabiztonság megteremtéséhez (6. ábra). A villamosenergia-szolgáltatás és visszatáplálás területi különbségeihez kapcsolódva a következőkben a jövedelmi és vállalkozás-demográfiai adatok kerülnek bemutatásra, amelyekkel célunk, hogy azonosítsuk azon térségeket, ahol a zöldenergia térnyerése és a gazdasági fejlődés egyszerre valósul meg.



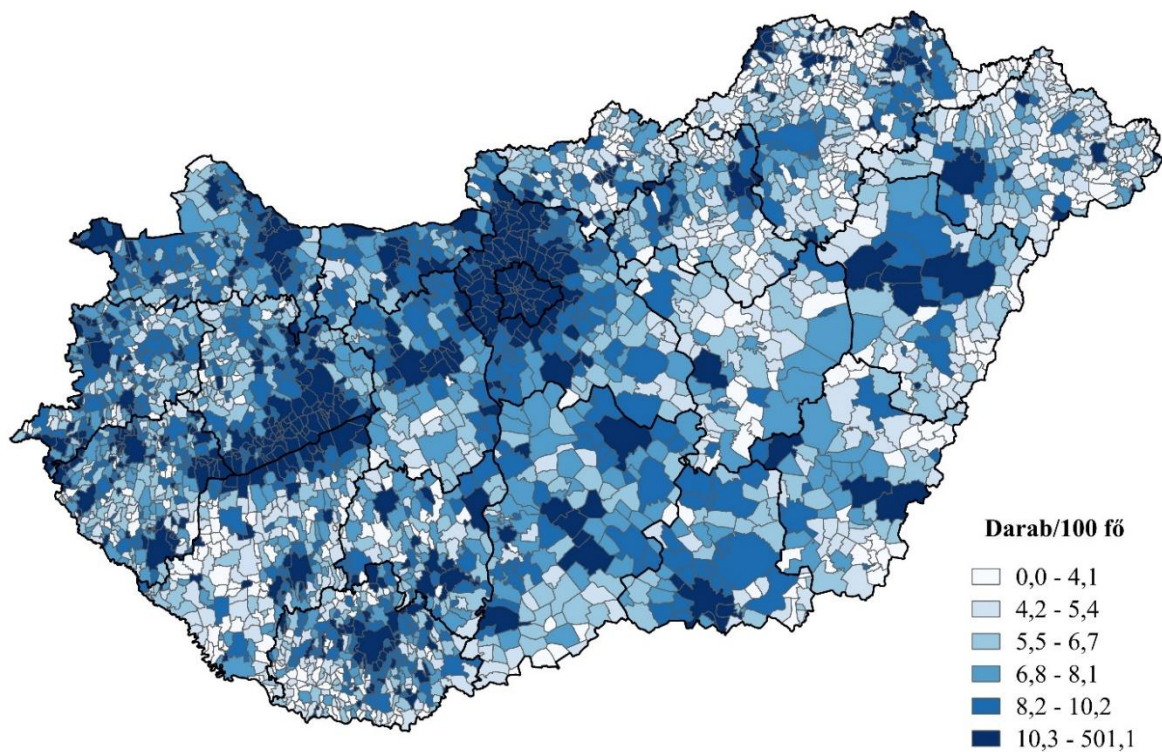
7. ábra. Az egy főre jutó jövedelem (SZJA) Magyarországon (2024)

Forrás: TeIR-NAV adatok alapján saját szerkesztés (2026)

A 7. ábrán a jövedelmi adatok alapján kirajzolódik, hogy az ország legfejlettebb része a Győr–Budapest tengely mentén fekvő települések csoportja. Itt koncentrálódnak a legmagasabb jövedelmi kategóriába tartozó települések, továbbá a hazánkban megtermelt GDP körülbelül 60%-a is itt keletkezik. Ez a térség a fejlett gazdasági helyzete miatt előrehaladottabb, mint az ország többi része. Itt a jövedelmi szint nemcsak egy-egy városra korlátozódik, hanem a tengely menti települések egészére kiterjed. A térségben jellemzően magas a foglalkoztatottság, míg a munkanélküliség ezzel szemben elenyésző. Az Észak-Magyarország régió nagy része az alacsonyabb jövedelmi szintek közé tartozik. Jól láthatóak azok a sötétebb kék foltok, amelyek az ipari központokhoz kötődnek. Kiemelkedik Miskolc és környéke, de még látványosabb az Eger–Gyöngyös–Hatvan vonal, valamint Tiszaújváros környéke is. Ebben a régióban található Magyarország legszegényebb települése is, Csenyété, ahol az egy főre jutó jövedelem nem haladta meg a 270 ezer forintot. Emellett a Dél-Dunántúl régió jövedelmi viszonyai is strukturált képet alkotnak, hiszen a vörössel jelölt, elszegényedő kistelepülések közül kitűnnek a városi központok és üdülőövezetek. Somogy vármegyében ez a kettősség szembetűnő. Míg a belső területek lemaradnak, addig a balatonparti települések – különösen Siófok környéke – a turizmusnak köszönhetően kiemelkedő jövedelmi szintet képviselnek. Hasonlóan erőteljesen kirajzolódik Kaposvár és térsége, amely megyeszékhelyként éles eltérést mutat a környező aprófalvas vidékkel szemben. Baranya vármegyében Pécs és környéke határozottan fejlettebb térséget alkot, emellett a vármegye déli részén a Villányi borvidék és Harkány térsége mutat kiemelkedő értékeket, ahol a turizmus a környező falvaknál jóval magasabb életszínvonalat kínál az ott élőknek (8. ábra).

A 8. ábra szemlélteti a működő vállalkozások számát 100 lakosra vetítve, amely a térségi gazdasági erő és a vállalkozási hajlandóság egyik sokatmondó indikátora. Az országos eloszlásban markánsan kirajzolódik a főváros és agglomerációjának dominanciája, ahol a vállalkozássűrűség a legmagasabb kategóriába tartozik. Ez a koncentráció a humántőkének, a szolgáltató szektor túlsúlyának és a vásárlóerő együttes jelenlétének köszönhető. Hasonlóan aktív a Nyugat-Dunántúl régió, ahol az osztrák határ közelsége és a kiviteltre irányuló gazdasági környezet serkentik a vállalkozások alapítását.

A Balaton-part kiugró értékei a turizmusra épülő szolgáltatások sűrűségét tükrözik, ami a térségben sajátos, funkcionális alapú vállalkozói kiindulópontot eredményez. Ezzel éles ellentétben állnak a periférikus, kistelepülési térstruktúrájú térségek, különösen Dél-Dunántúlon és az északkeleti határszélen, ahol a vállalkozói kedv látványosan elmarad az országos átlagtól. Ezeken a területeken a gazdasági sokszínűség hiánya és a korlátozott piaci lehetőségek gátolják a gazdasági fejlődést. Az alföldi városhálózat mozaikossága jól mutatja a regionális központok gazdaságsszervező erejét a ritkábban lakott térségekkel szemben.



8. ábra. A működő vállalkozások száma 100 lakosra vetítve, 2022

Forrás: KSH adatok alapján saját szerkesztés (2026)

Megállapítható, hogy a vállalkozássűrűség térbeli mintázata szoros összefüggést mutat a jövedelmi viszonyokkal és a helyi tőkevonzó képességgel. A 2022-es adatok megerősítik a centrum-periféria modell érvényesülését, ahol a gazdasági aktivitás gócpontjai a jól prosperáló tengelyek mentén helyezkednek el. A fenntartható felzárkózáshoz elengedhetetlen lenne a vállalkozói ökoszisztéma kiterjesztése a jelenleg alacsony intenzitású vidéki térségek irányába. Ez a strukturális egyenlenség ugyanis hosszú távon konzerválja a regionális különbségeket és korlátozza a társadalmi mobilitást (8. ábra).

Következtetések és javaslatok

Kutatási eredményeink rámutatnak arra, hogy azokon a településeken, ahol a villamosenergia-szolgáltatáson belül a megújuló energiaforrások terjedése jellemző, ott a lakossági jövedelem és a vállalkozássűrűség is magasabb. Ez arra enged következtetni, hogy ezekben a térségekben érdemes lenne az energiatároló kapacitásokat bővíteni, illetve még több gazdasági beruházást végrehajtani.

Azonban a periférikus településeken (pl. Észak-Magyarország régióban, Dél-Dunántúl régió délnyugati részén), ahol a jövedelmi szintek alacsonyabbak, ott a működő vállalkozások száma is elenyésző. Ehhez kapcsolódva, az ilyen térségekben, ahol alacsonyabb a jövedelem, a vállalkozássűrűség is jóval alacsonyabb, ezért ezekben a térségekben a fenntarthatóbb energiagazdálkodás népszerűsítése is szükséges.

Elemzésünk alapján megállapítható, hogy a megújuló energiatermelés hazánkban a bruttó villamosenergia-termelésen belül, 2012-ről 2024-re körülbelül a 6-szorosára emelkedett (2764 GWh-ról, 12334 GWh-ra).

Összefoglalás

Kutatásunkban a gazdasági növekedés és a környezeti fenntarthatóság közötti szoros kapcsolatot elemeztük, különös tekintettel a megújuló energiaforrások magyarországi helyzetképre. Vizsgálatunk rávilágított arra, hogy a pusztán gazdasági mutatók nem elegendőek a valódi fejlődés méréséhez, hiszen az életminőség javulásához fenntartható környezet, valamint megfizethető és tiszta energiaforrások szükségesek. Kutatásunk során részletesen igyekeztünk elemezni a hazai villamosenergia-mérleg alakulását, amely rávilágított az ország importfüggőségére, valamint a hazai termelés fontosságára. Mindemellett említés esett a napsütéses órák számából adódó kedvező adottságokról, amelyek az elmúlt évtizedben a napelemes rendszerek robbanásszerű terjedését eredményezték.

A területi adatok vizsgálata során láthatóvá vált, hogy az energiatermelés gócpontjai nem egyenletesen oszlanak el az országban. Míg az ipar központú térségekben a vállalati fogyasztás dominál, addig a periférikus vidékeken a villamosenergia-felhasználás szinte csak a háztartásokra korlátozódik. Az elemzéseink rámutattak arra, hogy a zöldátállás sikere nagyban függ a helyi gazdaság erejétől és a lakosság vállalkozói kedvétől. A megújuló energia nem csupán környezetvédelmi eszköz, hanem a gazdasági felzárkózás egyik lehetséges mozgatórugója is a vidéki települések számára. Ugyanakkor a hálózatba visszatáplált energia mennyisége jelzi, hogy a jelenlegi infrastruktúra fejlesztése elengedhetetlen a további bővüléshez. A kutatásunk igazolta, hogy a fenntartható fejlődéshez az energetikai és a gazdasági célok összehangolása indokolt.

Összegezve, legfőbb célunk az volt, hogy a vizsgálatunk hozzájáruljon ahhoz, hogy az alacsonyabb területi szintű (jelen esetben települési szintű) gazdasági és környezeti problémák láthatóbbá váljanak.

Hivatkozott források

- Bartholy, J. – Breuer, H. – Pieczka, I. – Pongrácz, R. – Radics, K. (2013): *Megújuló energiaforrások*. ELTE.
- Bourdieu, P. (2010): *A Distincao: uma crítica social da faculdade de juízo*. Lisbon: Edições 70. https://doi.org/10.1057/9780230283053_2
- Costa, A. F. (2012): *Desigualdades Sociais Contemporaneas*. Lisbon: Mundos Sociais. <https://doi.org/10.7458/spp201268691>
- Csath, M. (2020): A fenntarthatóság, mint emberi és társadalmi fejlődés. *Acta Humana – Emberi Jogi Közlemények*, 8(1), 25–65. <https://doi.org/10.32566/ah.2020.1.2>
- Csath, M. (2023): A gazdasági fenntarthatóság humán, innovációs és termelékenységi megalapozottsága Magyarországon nemzetközi összehasonlításban. *Acta Humana*, 2023(3), 65–96. <https://doi.org/10.32566/ah.2023.3.4>
- ENSZ (1987): *Brundtland-jelentés: A mi közös jövőnk*.
- Fűrész, Á. – Szeberényi, A. (2024): A megújuló energiaforrások és az online kommunikáció lehetséges kapcsolatainak vizsgálata primer kutatási módszerrel. *Studia Mundi – Economica*, 11(2), 29–42. <https://doi.org/10.18531/sme.vol.11.no.2.pp.29-42>
- Gyulai, I. (2016): *A fenntartható fejlődés*.
- Herczeg, B. – Pintér, É. (2024): A természeti erőforrások egyenlőtlen regionális eloszlása. Fókuszban az EU villamosenergia-termelési lehetőségei és korlátai. *Gazdaság & Társadalom | Journal of Economy & Society*, 17(2), 5–35. <https://doi.org/10.21637/GT.2024.2.01>
- Jakab, N. (2016): Sustainable development and human resources = A fenntartható fejlődés és a humán erőforrás kapcsolata. *Agrár- és Környezetjog*, 11(21), 28–40. <https://doi.org/10.21029/JAEL.2016.21.28>
- Karácsony, P. – Pásztó, V. (2024): A fenntarthatóság gazdasági fejlődési céljainak elemzése az Európai Unióban. https://www.researchgate.net/publication/381741259_A_fenntarthatosag_gazdasagi_fejlodesi_celjainak_elemzese_az_Europai_Unioban
- Kozma, D. E. (2018): A Fenntartható Fejlődési Célok (SDGs) és a GDP közötti kapcsolat vizsgálata. <https://real.mtak.hu/107769/1/05-GT-2018-3-4-Kozma.pdf>
- Központi Statisztikai Hivatal (KSH) (2025): *Fenntartható Fejlődés Indikátorai*.
- Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal (MEKH) (2025): *Tiszta energia, fenntartható környezet*.
- Szántó, B. – Neumanné Virág, I. (2025): A fenntartható fejlődés és az innováció kapcsolatának területi különbségei az Európai Unióban. *Területi Statisztika*, 65(6). <https://doi.org/10.15196/TS650603>
- Therborn, G. (2013): *The killing fields of inequality*. Cambridge: Polity Press.
- Vokony, I. – Hartmann, B. (2025): *A rendszer, amely nem tudta, hogy meg kell újulnia: Kérdések és kételemek a villamosenergia-rendszerekről*. Budapest: Magyar Elektrotechnikai Egyesület. ISBN 978-963-9299-55-9. <https://real.mtak.hu/id/eprint/224802>

Szerző(k)

Lőrinc Nóra

ORCID [0009-0004-8661-8895](https://orcid.org/0009-0004-8661-8895)

egyetemi hallgató

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Vidékfejlesztés és Fenntartható Gazdaság Intézet,
Gazdasági- és vidékfejlesztési agrármérnök szak

E-mail: itsnoralorinc@gmail.com

Némediné Kollár Kitti

ORCID [0000-0003-4368-3932](https://orcid.org/0000-0003-4368-3932)

egyetemi docens

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Vidékfejlesztés és Fenntartható Gazdaság Intézet,
Vidék- és Területfejlesztési Tanszék

E-mail: nemedine.kollar.kitti@uni-mate.hu

Káposzta József

ORCID [0000-0002-1239-8541](https://orcid.org/0000-0002-1239-8541)

CSc. (közgazdaságtudomány)

egyetemi tanár

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Vidékfejlesztés és Fenntartható Gazdaság Intézet,
Vidék- és Területfejlesztési Tanszék

E-mail: kaposzta.jozsef@uni-mate.hu

A műre a Creative Commons 4.0 standard licenc alábbi típusa vonatkozik:

[CC-BY-NC-ND-4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

This work is licensed under a

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.



CrossBorder Cooperation and Enterprise Development in the EU's Border Regions: An Evidence from the Case Studies

Nikolina Németh, Krisztián Ritter

Abstract

The article examines cross-border cooperation between organizations engaged in the enterprise sector in the bordering regions across Europe, with the main goal of noting the benefits and obstacles that such cooperation brings to the business sector and regions.

In total, 32 articles that examines empirical case studies from the semi-structured literature review were extracted and presented. The results show that there are eight main groups of factors that have a significant impact on the cross-border cooperation among enterprises, those are: language and sociocultural barriers, perception and attitudes toward neighbours, institutional and legal barriers, weak market conditions and structural limitations, enterprise motivation and benefits, innovation and knowledge transfer, entrepreneurial and social enterprise, and project governance and policy influence.

Keywords: *cross-border cooperation, EU bordering regions, enterprise development, regional development*

JEL: *R1, R58, F550, M130, O18, O20*

Introduction

In the literature, some of the early definitions of the cross-border regions (CBRs) appeared in Prescott (1965) and Grundy-Warr (1997) work, who defined regions in simple words as territorial edges of states, functioning both as dividing lines and as interces linking neighbouring countries. Prescott (1965) emphasized the separation function, while Grundy-Warr (1997) emphasized the interfacing function of the borders. Borders are considered not static, but they evolve and change over time (De Sousa, 2012).

Although they can be understood as social structures that are continually reproducing political, economic, and cultural practices (Albert et al., 2008). Sack (1986) and Popescu (2012) see borders as anthropogenic creations, designed to regulate human activities within defined spatial frameworks. Complex and evolving historical, cultural, political, and geographical processes shape CBRs (Paasi, 1999; Berzi, 2017). Berzi (2017) further emphasizes the role of geographical features and political dynamics, while Jessop (1995) highlights that all these factors have a significant impact on economic development. Regional disparities remain a persistent feature of Central and East European (CEE) countries, where economic development tend to concentrate in core regions while peripheral areas lag in terms of growth and competitiveness (Neszmélyi et al., 2016).

Understanding borders and bordering regions in this way, Scott (2012) states that cross-border co-operation (CBC) involves coordinated actions by territorial communities or authorities from two or more contracting parties to enhance neighbourly relations through formal agreements and joint initiatives. Kurowska-Pysz et al. (2018) agree with De Sousa (2013) that the goal of CBC is to

identify the needs and challenges of local communities in bordering regions and to address them through institutional mechanisms. De Sousa (2012) states that the CBC aims to reduce territorial isolation in the bordering regions by connecting communities culturally and economically.

Basboga (2020) underlines the pivotal function of CBC in stimulating regional economic performance. Chirodea et al. (2017) argue that borders should not merely be seen as restrictive divides but also as potential sources of resources and development opportunities. Along similar line, Chamusca (2024) points out concrete achievements, such as job creation and the encouragement of entrepreneurial activity. Ulijn et.al (2007) address that regional competitiveness is a fundamental aim of CBC, aligned with cohesion policy priorities

According to Batista et al. (2013) and Cividin (2006), CBC can enhance overall quality of life. Batista et al. (2013) further highlight its role in reducing economic inequalities, while Brunet-Jailly (2022) emphasizes improved economic integration. Cividin (2006) additionally notes its capacity to stimulate local regeneration, foster collaboration among organizations, strengthen human resources, and support public authorities to identify challenges. Roper (2007) suggests that CBC also encourages localized learning, which positively influences both business collaboration and social cohesion.

Capello et al. (2017) observe that border regions often share structural characteristics and resources with neighbouring areas, rooted in common historical and cultural backgrounds. These similarities frequently provide the basis for CBC projects. However, Petrović and Ritter (2021) noted that such initiatives are less effective if activities are conducted in isolation on each side of the border, as this undermines regional integration.

Major challenges in Cross-border regions

McCall (2013) notes that the interplay between territory, identity, and borders often affects the integration process. According to Schiff and Winters (2002), obstacles such as political tensions and low levels of mutual trust compound these challenges. Bacsí and Kovács (2006), along with Medeiros (2016), point out the dependence on intergovernmental relations as another limiting factor. The European Commission (2016) stresses the decisive importance of political commitment and the functioning of legal system. Perkmann (2007) and Bufon (2011) further note that governing CBRs is inherently complex because they extend across different national jurisdictions, legal frameworks, and institutional settings. They are usually constrained by complex administrative procedures, making conventional public administration tools insufficient. Similar challenges arise when managing across divergent political and administrative systems, as noted by Beck (2007).

Schiff and Winters (2002) outlined the imbalanced distribution of costs and benefits, the high expenses associated with administrative coordination between the countries involved in the cooperation process, and the greater difficulty of establishing regional agreements compared to national ones, emphasizing that this process requires significant effort and time. According to Telle (2018), political and public administration factors can lead to CBC funds in Central Europe being more likely allocated to address domestic regional development issues rather than international cross-border challenges.

Further, Lundén (2002), Medeiros (2016), the European Commission (2016), and Buda (2017) identify language barriers as a key obstacle to cross-border interaction, alongside cultural differences (OECD, 2024) and issues of identity and autonomy (Bufon, 2011). According to Bacsí and

Kovács (2006), Monfort (2009), Medeiros (2016), and the European Commission (2016), insufficient infrastructure and restricted access to essential public services such as healthcare and higher education further constrain development in these areas.

The AEBR (2014), European Commission (2021), and OECD (2024) emphasize that many border regions are structurally weak, often rural in character, with poorly developed transport network and limited public services. OECD (2024) highlights other structural disadvantages, including weak labour markets, lower productivity, reduced access to economic centres, lower employment rates, weaker GDP performance, limited human capital, and underinvestment. Labour market disparities also one of the unfavourable characteristics of the peripheral regions in CEE, where differences in employment opportunities and economic structure negatively influence regional development processes, as per Habetie et al. (2025). Another significant recurring challenge described in the literature (Jessop, 1995; Scott, 1999; Erkut & Özgen, 2003; AEBR, 2014; Ilić, 2015; Antonescu, 2015) is the peripheral location of many CBRs, which often correlates with underdevelopment and lower socio-economic outcomes. Innovation gaps are also present, as Cooker et al. (2004) note, arising from a lack of innovation capacity and knowledge, a finding further supported by Lepik and Krigul (2014). Lundquist and Tripple (2011), who were focusing particularly on the economic periphery, define CBRs as regions distanced from core national and international markets, emphasising economic proximity.

Materials and Methodology

This study employs a qualitative, semi structured literature review to examine CBC between enterprises in European border regions, with the focus on priority area of SME (*Small and medium enterprises*) competitiveness through innovation driven development. The final review included 32 articles (Table 1). Based on the cited sources our research could be considered as representative.

Table 1 List of reviewed empirical casestudies

No.	Author	Region	Focus Area	No.	Author	Region	Foicus Area
1.	Krätke (2002)	Germany–Poland	SME collaboration	17.	Nagy (2020)	Serbia	Partnerships
2.	Nijkamp (1993)	Netherland	Trade Infrastructure	18.	Nave & Franco (2021)	Portugal-Spain	Academia business collaboration
3.	Gualda et al. (2013)	Spain–Portugal	Social networks	19.	Wevers et al. (2020)	France Netherland, Germany, Belgium, UK, Luxembourg	Social Enterprises
4.	Raposo et al. (2014)	Portugal–Spain	SME collaboration	20.	Kuzmin & Kravchenko (2014)	UkraineRomania	SME Growth
5.	Zanger et al. (2008)	Germany–Czech	SME Partnership	21.	Huber (2023)	Austria-CEE	Business collaboraiton
6.	Isakova et al. (2012)	Ukraine	SME Development	22.	Bernaciak (2010)	GermanyPoland	Industry development
7.	Smallbone et al. (2009)	Macedonia–Greece	Textile Industry	23.	Lavrinenko et al. (2015)	LatviaEU	Strategic planning
8.	Bardhoshi et al. (2013)	Serbia, Croatia, Hungary, Slovenia	Economic, environmental, and tourism dimension	24.	Welter & Smallbone (2008)	Ukraine, Moldova, Romania, Poland, Belarus	Business growth
9.	Bufon & Markezlj (2010)	Slovenia	Harmonized development	25.	Neuberger et al. (2023)	Dutch German	Innovation in the agrifood sector
10.	Blondel et al. (2014)	Western Balkan	Economic growth	26.	Neuberger et al. (2021)	Netherland Germany	Innovation

No.	Author	Region	Focus Area	No.	Author	Region	Foicus Area
11.	Kurowska-Pysz (2016)	Poland–Czech	Enterprise (Business)	27.	Wevers et al. (2025)	Europe (Euroregions)	Social Enterprise
12.	Dimitrov et al. (2003)	Albania–Greece, Macedonia	Adjacency and Loyalty	28.	Nilsson & Madsen (2007)	Europewide	Agriculture
13.	Zabielska et al. (2021)	Poland	Market Expansion	29.	Knickel et al. (2021)	Dutch	Innovation
14.	Hamiti (2020)	Kosovo-Neighbouring countries	Economic development	30.	Reznikova et al. (2020)	EU	Innovation
15.	Leick (2011)	Germany–Czech	Business Development	31.	Ulijn et al. (2007)	EU	Companies vs. CB projects
16.	Meliá-Marti et al. (2023)	Spain–Portugal	Agriculture cooperation	32.	Petrović & Ritter (2021)	Serbia	CBC projects in the agriculture sector

Source: Authors' elaboration, 2026

Results

The evaluated empirical case studies represent CBC initiatives between enterprises or larger companies in three main European regions: Western Europe (4 articles examining CBC between Spain and Portugal); Central Europe (13 articles, involving Germany, Poland, the Czech Republic, the Netherlands, Dutch, and France); Eastern Europe (encompassing the Balkan countries (Serbia, Croatia, Slovenia, Bulgaria, Romania, North Macedonia, Albania, Kosovo, and Greece) and Ukraine, in total counting 11 articles); and Europe general, no specific regions (4 articles).

Case studies in Central Europe

Based on the examined articles, as shown by Krätke (2002), there is a reluctance of private firms on the German side to engage in CBC with Polish partners. Even when cooperation does occur, it is often of a low quality. Social factors like a lack of trust and a language barrier hinder business interaction.

A study from Bernaciak (2010) identified benefits from CBC among automotive companies from Germany, where the labour force is fostered from Poland, as such collaboration is cost driven. Analysing CBRs in the Netherlands, Nijkamp (1993) found several key insights. The transnational network infrastructure was not utilized effectively, limiting benefits of border free trade. So, instead of focusing on cross-border trade, businesses primarily concentrated on product specialization. One of the main factors contributing to this issue was the region's frontier positions, which influenced economic dynamics and trade patterns.

Neuberger et al. (2021) identified 35 factors influencing business innovativeness in the Dutch-German border region, grouped into science and knowledge, socio-cultural proximity, accessibility, institutional setup, and governance. They discovered a favourable correlation between cross-border interaction and the accessibility of scientific knowledge. Further, culture, language, and ethnicity are important elements for cross-border integration. While governmental institutions play a crucial role in fostering cross-border relationships, the presence of legal obstacles and different technical (administrative) standards can hinder cross-border collaboration. Although, physical connections between CBRs play an important role; addressing that adequate infrastructure is essential. However, Neuberger et al. (2023) note that in the Dutch-German agri-food sector, socio-cultural differences often hinder innovation. Research based product development can misalign with business

needs, and many innovations fail to reach the market despite strong university collaboration. This reflects the sector's struggle to adopt innovation, contrasting earlier findings. Despite all, Knickel et al. (2021) highlight that the INTERREG program is particularly beneficial for Dutch SMEs' innovation performance.

According to Neuberger et al. (2021), physical connections between CBRs are crucial for infrastructure, whereas Zabielska et al. (2021) indicate that infrastructure poses challenges in the Polish bordering area, and market proximity does not always yield positive effects. They also claim that governmental institutions are seen as an important facilitator of cross-border relationships, despite legal obstacles and different technical standards. Knickel et al. (2021) confirm that differing political priorities and institutional frameworks hinder CBC in the case of Dutch SMEs.

Krätke (2002), authors Neuberger et al. (2021) and Zabielska et al. (2021), in the case of Polish enterprises, confirm that culture, language, and ethnicity are important elements for cross border integration. Zanger et al. (2008) also claim that mindset plays a significant role in the success or failure of CBC between enterprises in Germany and the Czech Republic. Leick (2011) also finds that language and the punctual German mindset impose difficulties in collaboration between Czech and German enterprises, while Knickel et al. (2021) conclude that in the case of Dutch SMEs, networking plays a crucial role as an opportunity to get to know partners' mindsets and business culture. However, to overcome such a barrier, Zanger et al. (2008) suggested several actions, such as organizing seminars, using neutral languages in business communication, learning the partner country's language and culture, and establishing bilingual schools, which can bridge the gap between the nations. Hosting joint seminars can help businesses familiarize themselves with the market.

Kurowska-Pysz (2016) highlights the interdependence between entrepreneurship and CBC. Her research indicates that Polish and Czech enterprises primarily pursue cross-border networking to penetrate market niches and rapidly enhance revenues, rather than emphasizing knowledge exchange or collaborative promotion. Firms note low consumer power in border areas, meaning expansion across the border demands strong competitiveness and direct contacts gained through trade missions, EU projects, and chambers of commerce. Key barriers include the absence of a functional support system for cross-border entrepreneurship, limited market knowledge, currency risks, similar market structures requiring customized products, bureaucracy, and regulatory differences. The author suggests that cluster development could resolve the narrowness of partnerships.

Leick (2011) posits that CBC has the potential to generate both economic and non-economic benefits. These benefits include mitigation of business risks, decreased market competition, product and service diversification, exchange of expertise and technological know-how, improved access to highly skilled labour, expansion into new distribution networks, accelerated market entry, and cost-effective outsourcing options. However, the study also identified several obstacles to CBC. From the perspective of German companies, key barriers included insufficient managerial competencies and a lack of transparency in the partner organization's management structures.

Huber (2023), examining CBC among enterprises from Austria and CEE countries, concluded that companies that have worked with partners before are more likely to build strong business relationships rather than just being physically close to another company. Smaller companies usually do not want to get into too complex partnerships, especially those with shared incentives. On the other hand, companies that are already in production networks are more open to both business and ownership ties. Being far from potential partners makes it less likely that a company will co-operate or enter shared ownership arrangements.

In the case of Latvia, Lavrinenko et al. (2015) found factors that matter to managers' decisions to cooperate with cross-border partners are companies' processes, capabilities, development and

implementation capacities, their goals, business value, and product/service offer. CBC would require the creation of a new model of business cooperation.

Finally, authors Wevers et al. (2020) focus on social enterprises and their role in strengthening relations with local communities in the bordering regions of France and the Netherlands. As per their opinion, CBC supports social inclusion, involving local communities to identify and solve common problems and build trust. Some of the challenges were fulfilling contractual agreements between bordering partners and have high transactional costs.

For better clarity, Table 2 summarizes the benefits and obstacles of examined CBC case studies in Central Europe, categorized into five groups: economic (labour, market and competition, product/service diversification, monetary economy, managerial skills, new models of business operations, (cross-border) partnerships, outsourcing), knowledge and innovation (exchange of expertise, knowledge, know-how, product improvement, research, innovation adoption), social (cultural, ethnical, language, and mindset barriers; trust and social inclusion), institutional/regulatory (legal system, taxation, governmental support, support for the cross-border enterprises, bureaucracy, etc.), and infrastructural (networks, distance, and physical infrastructure).

Table 2 Benefits and obstacles of CBC among enterprises in Central Europe

Category	Benefits of CBC	Obstacles of CBC
Economy	Cost savings via labour mobility, access to new markets, product service diversification, faster entry to the market, reduced competition, skilled labour, and cost saving (outsourced) options.	Currency risks and price volatility; high competitiveness in similar border markets, lack of sustainable partnerships, management skills and business operational models for cross-border enterprises.
Knowledge / Innovation	Exchange of expertise and technological know-how, clustering, joint learning, research based collaboration, and product/service improvement.	Misalignment between research innovations and business needs, and slow adoption of innovations in the agrifood sector.
Social	Enhancing trust and inclusivity, promoting risk sharing and SME resilience, fostering entrepreneurship growth, and promoting social inclusion are crucial in addressing common problems.	Lack of trust, low quality cooperation, language, (business) cultural, ethnical barriers, and mindset differences.
Institutional / Regulatory	Supportive role of the government and EU programs.	Divergent legal systems, taxation, regulations, technical standards, bureaucracy and lack of a functional support system for cross-border enterprises.
Infrastructure		Poor physical infrastructure, underused transnational networks, and physical distance from the partners.

Source: Authors' elaboration, 2026

Case studies in Western Europe (Spain-Portugal)

In the case of Western Europe, the evaluated articles focus solely on collaboration between Spain and Portugal. However, this does not imply that no scientific studies exist on other CBCs in the region.

Gualda et al. (2013) concluded that social networks and regional identity are weak in both countries, Spain and Portugal, where cross-border projects have had a limited impact on social integra-

tion and building their identity. Creating strong social networks in certain CBRs is a complex process that requires carefully planned projects and a strategic approach. As per Meliá-Martí et al. (2023), language barriers and variations in legal or tax frameworks were not perceived as major obstacles, despite their potential complexity.

Raposo et al. (2014) discovered that CBC between Portuguese and Spanish businesses enhances innovation, fortifies supplier relationships, and elevates turnover. The authors recommend that SMEs align their operation with EU free movement principles, prioritize long term strategies orientation over short-term survival approaches, and leverage cross-border market engagement as a more effective risk mitigation strategy than expansion into unfamiliar markets. Similarly, Nave and Franco (2021) highlight the positive outcomes of academic vs. business collaboration in this region, including knowledge exchange, improved patenting expertise, commercialization of research, capacity building, training access, and strong industry demand for university developed technologies. While Meliá-Martí et al. (2023) found that, in the food processing sector, CBC positively impacts workforce skills, as Spanish cooperatives with branches in Portugal employ more highly trained staff. These partnerships also contributed to growth in production and sales performance. However, differences in trade regulations and quality standards posed significant challenges for these cooperatives.

For better clarity, Table 3 summarizes the benefits and obstacles reported in the selected case studies on CBC in Western Europe. Observed benefits and obstacles are grouped in four categories: economy (market, production, labour), knowledge and innovation (access to knowledge, scientific input, innovation in the business, patenting, etc.), social (fostering regional collaboration through INTERREG, limited social networks, trust, language barriers, regional identity), and institutional or organizational (legal and taxation framework, trade and quality regulations, cooperatives).

Table 3 Benefits and Obstacles of CBC among enterprises in Western Europe

Category	Benefits	Obstacles
Economy	Access to markets, reducing business risks compared to entering distant and/or unknown markets.	Different quality standards for goods' export.
Knowledge / Innovation	Enhanced innovation activities, strengthened relationships with suppliers, contribution to turnover growth, exchange of scientific experiences, patenting knowhow, commercial valorisation, and external knowledge access.	Unequal interest in CBC, risk of short-term survival strategies instead of long term strategies.
Social impact	Fostering regional cooperation through CBC projects (INTERREG program).	Weak social networks, limited regional identity, and low impact on social integration and reducing language barriers.
Structural /Organizational	Establishment of cooperative branches across borders, and improvement of the production and skills.	Complex tax/legal frameworks.

Source: Authors' elaboration, 2026

Case studies in Eastern Europe (The Balkan countries, Ukraine)

Isakova et al. (2012) examined the SME sector in Western Ukraine participating in the CBC program and identified three groups of businesses: those that improved their products, enhanced their services, and those that did not achieve major innovations but gained valuable knowledge through participation. Many SMEs discovered more promising markets in neighbouring countries than in their domestic market and found more reliable suppliers through CBC networks. Some entrepreneurs benefited by acquiring better equipment and technologies, developing their businesses more professionally, improving service quality, and expanding their product offerings. Interestingly, some became “accidental innovators,” as their efforts to standardize products for the EU market unexpectedly led to innovation. Initially, they had not planned to enter the EU market, but their participation in the CBC program motivated them to seize this opportunity.

Smallbone et al. (2011) explored CBC between SMEs in the textile manufacturing sector in North Macedonia and Greece, which was essential for Macedonian entrepreneurs to expand to the EU market. Often, it helped reduce export risks and streamline customs procedures, which are particularly complex for North Macedonia as a non-EU country. Before delivering goods to Greece, business must meet specific EU requirements, and CBC played a crucial role in overcoming these challenges. Additional benefits were time saving and improved efficiency, particularly through partnerships with subcontractors from the neighbouring countries. While Dimitrov et al. (2003) examined enterprises in the bordering region of Albania, North Macedonia, Bulgaria, and Greece, they concluded that cooperation is driven by adjacency, friction over minorities, and the level of development of partners' countries. Despite these challenges, enterprises demonstrate a greater interest in international cooperation compared to the national. Some certain barriers recorded in the examined regions were unfavourable infrastructure conditions, extensive border crossing regulations, language barriers, the political situation, lack of governmental support, weak financial condition, and demanding trade conditions.

In the case of IPA (*Instruments for Pre-accession*) CBC projects implemented between Kosovo and its neighbouring countries, Albania, North Macedonia, and Montenegro, Hamiti (2020) concluded that these projects should place a stronger emphasis on economic development. Although these projects created some job opportunities, their long-term sustainability was questionable. Areas that require improvement include better connectivity and accessibility between border regions, regional specialization, education, social infrastructure, and cultural exchange.

Kuzmin and Kravchenko (2014), exploring CBC among enterprises in Ukraine and Romania, pointed out that such cooperation could ensure that enterprises get better market positions and modernization. This includes the development of production infrastructure, diversification of risks, enhanced opportunities for financial resources, the establishment of common business infrastructure, and the creation of new organizational forms such as holding companies, consortia, strategic alliances, joint ventures, cross-border clusters, or associations. Welter and Smallbone (2008) add that entrepreneurs in Ukraine, Moldova, Romania, Poland, and Belarus have better access to resources, technology, and employment through CBC. Trust, shared culture, and visa free border crossing support enterprise growth, especially between Romania and Moldova. However, strict regulations on the movement of certain goods, such as dairy and meat products, between non-EU and EU countries pose challenges. Despite this, some joint ventures have successfully navigated crises through cross-border collaboration with Polish firms.

Bardhoshi (2013), in his paper, states that CBC projects follow a thematic approach. Therefore, the primary focus of cooperation between Serbia and Croatia is economic development. Similarly, in the case of the Slovenia-Austria collaboration, the bordering regions in Austria and Hungary

primarily focus on tourism and environmental protection. The authors did not conduct a thorough investigation into whether the selection of cooperation themes stemmed from the need to address shared problems.

Bufon and Markelj (2010) noted positive and negative impacts coming from the IPA program in bordering regions of Slovenia. Some of the positive effects are bridging countries through partnerships, sharing know-how, targeting common problems, strengthening local economy, eliminating prejudice, raising mutual awareness, empowering local stakeholders to make additional international efforts and represent local needs, and increase cooperation on a vertical level (between organizations from different sectors). Some of the notable weaknesses are setting up goals toward getting political power dominance on the local level, merging institutions that do not have common profile or initiatives, setting up budget inadequately, insufficient personal qualifications, or unfavourable organizational forms of local stakeholders which usually causes competition rather than cooperation model between neighbouring local authorities.

Further, Nagy (2020) specifically analysed IPA CBC project implementation in Serbia. He identified one of the major problems, project partnerships are often established on an ad-hoc basis. However, research institutions, universities, and higher levels of local government typically exhibit a more structured and effective collaboration experience. The outcomes of infrastructure related projects are generally easier to assess, with most having a long-term impact, while approximately half of the implemented projects result in medium term effects. Some projects, despite receiving positive evaluations for funding, showed limited impact on sustainable, long-term development. Partnership dynamics vary during and after project implementation. Not all partnerships are transnational; some are limited to one side of the border. Ultimately, Nagy emphasizes that the effectiveness and long-term impact of CBC projects are strongly influenced by the quality of the partnerships and whether cooperation extends beyond the formal program framework. While Petrović and Ritter (2021) found that partnerships under the IPA Hungary–Serbia program were often weak, implemented individually, and poorly synchronized. Language barriers, insufficient management skills, and a lack of motivation to work together were common problems. Governmental institutions demonstrated some interest in supporting SMEs during project implementation; however, this support ceased once projects were completed. Although cooperation in the form of clusters among agricultural producers exists, more comprehensive guidelines, a strategic approach, and sustained support from higher administrative levels are needed. Furthermore, SMEs require additional assistance in business management, particularly in navigating taxation and legal requirements. Additionally, Blondel et al. (2014) examined CBC between Western Balkan countries and reached the conclusion that in the Serbian-Croatian case, local politics may prevent projects from emerging. However, the situation in North Macedonia and Greece differs significantly. In fact, both countries face serious political and painful relations, but CBC projects have emerged and been implemented without any obstacles.

For clarity, main benefits and obstacles arising from CBC from Eastern Europe are included in Table 4, classified into five groups: economic (markets, labour, partnerships), knowledge and innovation (research, exchange of knowledge, know-how, access to better equipment, improved products/services), societal (political situation, decision making processes, and relations on the local level), and structural/organizational impact (political, identity, language, cultural, trust, prejudice, and awareness).

Table 4 Benefits and Obstacles of CBC among enterprises in Eastern Europe

Category	Benefits	Obstacles
Economy	Expansion to the EU markets, reduced export risks and customs complexity for non-EU SMEs, market diversification, and reliable suppliers' identification.	Unsustainable job creation, market access constrained by strict trade regulations, competition between some local authorities.
Knowledge / Innovation	SMEs improved products/services, knowledge (including "accidental innovation" via EU standardization). Access to scientific knowledge, know-how, and modern equipment, enhanced competitiveness via technology.	Insufficient qualification of local stakeholders, lack of structured cooperations in some projects.
Structural / Organizational	Reduced prejudice, raised mutual awareness, encouraged cultural exchange, trust and shared culture.	Language barriers, minority frictions, lack of shared identity, and political blockages.
Program / Policy impact	IPA motivated more international orientation of local stakeholders. Long term impacts easier to achieve in infrastructural projects.	Goals might get drive by local politics or financial budget, bureaucratic hurdles, political tension, weak government support.

Source: Authors' elaboration, 2026

Case studies in the EU

Authors Wevers et al. (2025), Nilsson and Madsen (2007), Reznikova et al. (2020), and Ulijn et al. (2007) have examined the impact of CBC across the EU from multiple perspectives, including economic (market), knowledge and innovation (innovation ecosystem, education), societal, and structural and policy impact on the business sector. Wevers et al. (2025) focused on the topic of social enterprises and their role in CBC in Euroregions. Authors pointed out that single elements of an ecosystem may help cross-border social entrepreneurship but have a limited impact. The social enterprise ecosystem may exhibit variations across different regions in Europe. Combining several ecosystem's elements is often essential and creates stronger, synergistic effects. This approach boosts innovation value, scales social impact, and supports EU Cohesion Policy goals. Authors Nilsson and Madsen (2007) analysed several cases of CBC between agricultural companies in Europe and concluded that one of the main drivers for cooperation is getting raw materials, export, and improving their business status, while challenges that might arise are socio-cultural differences, different legislations, and production. The impact of collaboration on the development of innovation was evaluated by Reznikova et al. (2020). They emphasized the importance of innovative clusters and their central role in building strong innovation ecosystems by connecting businesses, research, and education. Their success depends on how well the institutional environment supports collaboration and enables a self-sustaining cycle of innovation and commercialization. Ulijn et al. (2007) focused on analysing the impact of cross-border programs and policies on business development. The authors argue that even if a company is not directly interested in territorial policy, it can still be affected by it. As, decisions could be made through programs' activities they might still indirectly influence company's goals, e.g., market access, competitiveness, labour force. or creating opportunities to adjust products and services according to territorial cooperation priorities.

Finally, Table 5 presents the benefits and obstacles identified in the observed CBC examples within the EU.

Table 5 Benefits and Obstacles of CBC among enterprises in Europe

Category	Benefits	Obstacles
Economy	Access to markets, increase competitiveness, better business opportunities.	Socio-cultural differences, different legislations, and production standards.
Knowledge / Innovation	Strengthening innovation ecosystems, connecting businesses, commercialization, research and education.	Success depends heavily on supportive institutional environment.
Social / Regional	Scales social impact.	Single ecosystem elements alone have limited impact.
Structural / Policy impact	Supports EU Cohesion Policy goals. CBC decisions can indirectly help companies align goals with territorial development. Potential to increase competitiveness. Opportunities to upgrade products/services.	Variability of ecosystem structures across regions. Companies may be affected by territorial policies even if not being directly engaged with them.

Source: Authors' elaboration, 2026

Discussion and Conclusions

The assessment of the selected articles reveals eight main factors that hinder cross-border cooperation among diverse businesses across Europe. Those are:

Language and Socio-Cultural Barriers: dominant factors noted by several authors are language and cultural barriers that hinder trust and communication in CBC. Studies such as Krätke (2002), Zanger et al. (2008), and Leick (2011) highlight the role of mistrust, particularly between historically divided regions such as Germany-Poland, and Germany-the Czech Republic. Cultural proximity, shared history, and bilingualism have been shown to facilitate collaboration (Welter & Smallbone, 2008), while their absence leads to weak or failed partnerships (Petrović & Ritter, 2021). Initiatives like joint seminars and bilingual education were proposed to bridge socio-cultural gaps (Zanger et al., 2008).

Perceptions and Attitudes Toward Neighbours: Regional loyalty and perceptions of trustworthiness shape CBC dynamics. Firms may resist collaboration if their partners are perceived as disloyal or if cooperation is considered threatening to existing networks (Dimitrov et al., 2003). In the case of Poland-Czech collaboration, firms prefer a bilateral approach over multilateral, as to avoid conflicts that might arise from collaboration with multiple different partners (Kurowska-Pysz, 2016). At the same time, successful examples come from Spain-Portugal (Raposo et al., 2014) and the Western Balkans (Blondel et al., 2014) which show that cooperative attitudes can transcend political difficulties and historical tension, offering a model for broader multilateral CBC engagement.

Institutional and Legal Barriers: Regulatory divergence, administrative overload, and legal incompatibilities continue to impede effective CBC. Case studies in non-EU contexts (e.g., Macedonia-Greece: Smallbone et al., 2011) and EU member borders (Spain-Portugal: Meliá-Martí et al., 2023) reflect these issues. Firms cite bureaucratic inefficiencies, currency misalignment, complex licensing processes, and different taxation systems as barriers. Recommendations include harmonization of legal standards, mutual recognition of quality and safety certifications, stronger cross-border governance, and structured institutional partnering, e.g., institutions like the Chamber of Commerce (Nagy, 2020).

Weak Market Conditions and Structural Limitations: Infrastructural deficits and difficult trade conditions constrain CBC outcomes, particularly in less developed regions. Weak internal markets, in-

sufficient logistics infrastructure, complex border regulations, proximity, and lack of political support force SMEs to look across borders for better opportunities, as in the cases of Ukraine (Isakova et al., 2012), Poland-Czech (Kurowska-Pysz, 2016), Albania-Greece- North Macedonia (Dimitrov et al., 2003), and Poland (Zabielska et al., 2021). Findings suggest targeted investment in cross-border and business infrastructure, streamlined customs processes, and transport corridors to support SME integration.

Innovation and Knowledge Transfer: CBC can significantly enhance innovation capacity by linking firms to external knowledge, technologies, and R&D institutions. Work by Raposo et al. (2014), Nave and Franco (2021), and Neuberger et al. (2023) illustrate how collaboration with research institutions can drive technological adaptation, product diversification, and patenting. Nonetheless, institutional misalignment and limited commercialization remain as obstacles (see Neuberger et al., 2023, or Knickel et al., 2021). Reznikova et al. (2020) confirm that commercialization is delayed, frequently due to a misalignment between university outputs and business requirements. The authors emphasize the crucial role of clusters, strategic alliances, and intermediary institutions in addressing this gap.

Enterprise Motivation and Benefits: CBC projects enable firms to mitigate risk, reduce production costs, modernize infrastructure, and enter new markets (Nilsson & Madsen, 2007; Kuzmin and Kravchenko, 2014). These are evidences from sectors such as textiles (Smallbone et al., 2009), agrifood (Neuberger et al., 2023), and automotive (Bernaciak, 2010). Nonetheless, success is often linked to firm size and network embeddedness. Unless they receive support from structured networks or previous collaborations, smaller firms typically steer clear of complex partnerships (Huber, 2023). However, enterprises could benefit from joint ventures and gain reduced export barriers, streamlined operations, and improved competitiveness (Huber, 2023; Leick, 2011).

Entrepreneurship and Social Enterprise: CBC fosters entrepreneurship and social enterprise, especially in underdeveloped or marginalized regions. Wevers et al. (2020; 2025) and Welter and Smallbone (2008) emphasize how CBC can stimulate job creation, social inclusion, and local empowerment. Nonetheless, the durability of social outcomes and the incorporation of civil society and entrepreneurs into governance frameworks require further institutional support (Hamit, 2020; Petrović & Ritter, 2021).

Project Governance and Policy Influence: The quality of CBC outcomes is strongly associated with partnership governance and alignment with territorial policy objectives. Ad-hoc partnerships often lack long term coherence (Nagy, 2020), while structured alliances that include academia and public institutions are more likely to yield sustainable outcomes (Litvinenko et al., 2015). Ulijn et al. (2007) stress that aligning enterprise objectives with regional policy and funding priorities enhances strategic fit and competitiveness. Institutional ecosystems and innovation clusters play a critical role in evolving CBC into long term competitiveness (Reznikova et al., 2020).

This synthesis highlights that CBC in enterprise development offers a wide array of benefits, including enhanced innovation, market diversification, risk sharing, business optimization, and regional resilience. However, realizing these benefits consistently requires policy interventions that address systemic barriers such as language and cultural gaps, regulatory fragmentation, weak institutional capacity, and infrastructure deficits. Future CBC programs should prioritize the establishment of structured, multilevel governmental partnerships; provide business mentorship programs and consultancy services to SMEs on cross-border expansion; invest in bilingual and intercultural training; harmonize legal and administrative frameworks between countries; and foster innovation ecosystems by strengthening linkages between academia, industry, and policy institutions. Although the priority of „enhancing enterprise and innovation driven development” is defined under INTERREG, more detailed objectives should be established to guide regions in achieving these goals

effectively and sustainably. At the same time, program managing authorities (e.g., IPA Programme, Interreg Danube Region Programme) should be more actively involved in guiding and empowering local authorities and communities to better support enterprises and foster cross-border cooperation. This also includes raising awareness of mindset, cultural, and historical differences between communities. Our evaluation showed that language barriers, trust, and perceptions of neighbouring countries are common challenges for business cooperation across all examined European regions. Further challenges arise from complex trade and legal regulations, particularly in certain sectors, such as agri-food or trade between EU and non-EU countries.

References

- Albert, M. – Diez, T. – Stetter, S. (2008): The transformative power of integration: Conceptualizing border conflicts. In: T. Diez – M. Albert – S. Stetter (eds.) *The European Union and border conflicts: The power of integration and association*. Cambridge: Cambridge University Press. 13–32.
- Antonescu, D. (2015): *Theoretical approaches of endogenous regional development*. MPRA Paper No. 64679. Munich: Ludwig Maximilian University. <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/64679/>
- Association of Border Regions (AEBR) (2014): *Charter for European border and cross-border regions*. Gronau: AEBR. <https://www.aebr.eu/wp-content/uploads/2021/07/140823-Charta-EN.pdf>
- Bacsi, Z. – Kovács, E. (2006): The role of cross-border cooperation in rural development – a new European perspective. *Journal of Central European Agriculture*, 7(3), 485–488. <https://jcea.agr.hr/en/issues/article/988>
- Bardhoshi, N. (2013): Social practices and local configurations in the Balkans. In: N. Bardhoshi – C. de Rapper – P. Sintes (eds.) *Pratiques sociales et configurations locales dans les Balkans. Acta Scientiarum*, 4, 211–232. [https://shs.hal.science/halshs-00904339/file/Social%20Practices%20and%20Local%20Configurations%20in%20the%20Balkans\(5\).pdf](https://shs.hal.science/halshs-00904339/file/Social%20Practices%20and%20Local%20Configurations%20in%20the%20Balkans(5).pdf)
- Basboga, K. (2020): The role of open borders and cross-border cooperation in regional growth across Europe. *Regional Studies, Regional Science*, 7(1), 532–549. <https://doi.org/10.1080/21681376.2020.1842800>
- Batista, T. – Caballero, C. – Ceballos, F. – Carriço, C. – Mateus, J. – Lopes, H. – Vivas, P. – Cabezas, J. – Fernández, L. – Pinto-Gomes, C. (2013): IDEOTALEX C. The first cross-border SDI between Portugal and Spain: Background and development. *Journal of Earth Science and Engineering*, 3(6), 393–400. URI: <http://hdl.handle.net/10174/10011>
- Beck, J. (2007): Methods of research to explore administrative culture. In: F. Thedieck (ed.) *Foundations of Administrative Culture in Europe*. Kehl: University of Applied Sciences Kehl. 29–35.
- The Congress of Local and Regional Authorities of the Council of Europe (2007): *Foundations of Administrative Culture in Europe*. Baden: Nomos. 208.
- Bernaciak, M. (2010): Cross-border competition and trade union responses in the enlarged EU: Evidence from the automotive industry in Germany and Poland. *European Journal of Industrial Relations*, 16(2), 119–135. <https://doi.org/10.1177/09596801103648>
- Berzi, M. (2017): The cross-border reterritorialization concept revisited: The territorialist approach applied to the case of Cerdanya on the French-Spanish border. *European Planning Studies*, 25(9), 1575–1596. <https://doi.org/10.1080/09654313.2017.1321622>
- Blondel, C. – Guillaume, J. – Stojanova, M. (2014): The European cross-border cooperation in the Balkan countries: Marking space and the multiscalar production of locality. In: *Pratiques sociales*

- et reconfigurations locales dans les Balkans*. HAL Id: halshs-02560470. <https://shs.hal.science/halshs-02560470/document>
- Brunet-Jailly, E. (2022): Cross-border cooperation: A global overview. *Alternatives*, 47(1), 3–17. <https://doi.org/10.1177/0304375421107346>
- Buda, M. (2017): Multilingualism – An asset in cross-border cooperation. In: C. V. Țoca – I. Horga – L. Șoroni (eds.) *Achievements, contemporary approaches and perspectives in the evaluation of cross-border cooperation*. https://www.academia.edu/44583223/Constantin_Vasile_%C5%A2OCA_Ioan_HORGA_Lumi-ni%C5%A3a_%C5%9EOPRONI_Achievements_Contemporary_Approaches_and_Perspectives_in_the_Evaluation_of_Cross_border_Cooperation
- Bufon, M. (2011): Cross-border policies and spatial and social integration: Between challenges and problems. *European Spatial Research and Policy*, 18(2), 29–45. <https://ideas.repec.org/s/vrs/eus-prp.html>
- Bufon, M. – Markelj, V. (2010): Regional policies and cross-border cooperation: New challenges and new development models in Central Europe. *Revista Română de Geografie Politică*, XII(1), 19–28. https://rrgp.uoradea.ro/art/2010-1/02_OK_Bufon+Markelj.pdf
- Capello, R. – Caragliu, A. – Fratei, U. (2017): Measuring border effects in European cross-border regions. *Regional Studies*, 52(7), 986–996. <https://doi.org/10.1080/00343404.2017.1364843>
- Chamusca, P. (2024): Territorial cooperation and cross-border development: The Portuguese dynamics. *Social Sciences*, 13(2), 119. <https://doi.org/10.3390/socsci13020108>
- Chirodea, F. – Șoroni, L. – Țoca, C. V. (2017): Cross-border cooperation in Bihor–Hajdú-Bihar Euroregion: Achievements, opportunities and perspectives. In: C. V. Țoca – I. Horga – L. Șoroni (eds.) *Achievements, contemporary approaches and perspectives in the evaluation of cross-border cooperation*. 49–61. https://www.academia.edu/44583223/Constantin_Vasile_%C5%A2OCA_Ioan_HORGA_Lumi-ni%C5%A3a_%C5%9EOPRONI_Achievements_Contemporary_Approaches_and_Perspectives_in_the_Evaluation_of_Cross_border_Cooperation
- Cividin, A. (2006): *Irish cross-border cooperation: The case of the Northwest region*. IBIS Working Paper No. 64. Institute for British Irish Studies, University College Dublin, Ireland.
- Cooke, P. – Heidenreich, M. – Braczyk, H. J. (2004): *Regional innovation systems*. 2nd edition. London–New York: Routledge.
- De Sousa, L. (2013): Understanding European cross-border cooperation: A framework for analysis. *Journal of European Integration*, 35(6), 669–687. <https://doi.org/10.1080/07036337.2012.711827>
- Dimitrov, M. – Petrakos, G. – Totev, S. – Tsiapa, M. (2003): Cross-border cooperation in South-eastern Europe: The enterprises' point of view. *Eastern European Economics*, 41(6), 52–72. <https://doi.org/10.1080/00128775.2003.11041063>
- Gualda, E. – Fragoso, A. – Lucio-Villages, E. (2013): The border, the people and the river: Development of the cross-border area between southern Spain and Portugal. *Community Development Journal*, 48(1), 23–39. <https://doi.org/10.1093/cdj/bsr064>
- Erkut, G. – Özgen, C. (2003): The economic and spatial peripherality of border regions in South-eastern Europe. In: *The 43rd European Congress of the Regional Science Association*, Jyväskylä, Finland. <https://www.econstor.eu/handle/10419/116063>
- European Commission (2011): *Cohesion Policy 2014–2020. Investing in Europe's regions*. Panorama – Infomagazin, Vol. 40. <https://www.europeansources.info/record/cohesionpolicy20142020investingineuropesregions/>
- European Commission (2014): *An introduction to EU Cohesion Policy 2014–2020*. https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/brochure/basic/basic_2014_en.pdf

- European Commission (2016): *Overcoming obstacles in cross-bordering regions. Summary report on the online public consultation*. <https://doi.org/10.2776/859395>
- European Commission (2021): *Interreg Europe 2021–2027. Cooperation Programme Document*. European Commission. https://www.interregeurope.eu/sites/default/files/2022-02/Interreg_Europe_2021-2027_CP_final_version_September_2021_.pdf
- Grundy-Warr, C. (1997): *Eurasia: World Boundaries*. New York: Routledge.
- Hamiti, U. (2020): Cross-border cooperation among South-East European countries: Case Kosovo. *Eastern Journal of European Studies*, 11(SI), 208–232. https://ejes.uaic.ro/EJES2020_vol11_special_issue.htm
- Habetie, T. G. – Kolta, D. – Prihoda, E. (2025): Analysing the determinants of youth unemployment in transitional economies: Evidence from Hungary. *Regional and Business Studies*, 17(1), 35–53. <https://doi.org/10.33568/rbs.6856>
- Huber, P. (2003): On the determinants of cross-border cooperation of Austrian firms with Central and Eastern European partners. *Regional Studies*, 37(9), 947–955. <https://doi.org/10.1080/0034340032000143931>
- Ilić, M. V. (2015): Decentralizacija članica EU i njeni efekti na regionalni razvoj iskustva i prepreke za Srbiju. *Poslovna ekonomija*, 9(1), 77–94. <https://doi.org/10.5937/poseko1501077i>
- Isakova, N. – Gryga, V. – Krasovska, O. (2012): Cross-border cooperation and innovation in SMEs in Western Ukraine. In: D. Smallbone – F. Welter – M. Xheneti (eds.) *Cross-border entrepreneurship and economic development in Europe's border regions*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing. 135–156. <https://doi.org/10.4337/9781781952160.00017>
- Jessop, B. (1995): Regional economic blocs, cross-border cooperation and post-socialism: Politics, policies and prospects. *American Behavioral Scientist*, 38(5), 674–715. <https://doi.org/10.1177/0002764295038005003>
- Knickel, M. – Neuberger, S. – Klerkx, L. – Knickel, K. – Brunori, G. – Saatkamp, H. (2021): Strengthening the role of academic institutions and innovation brokers in agrifood innovation: Towards hybridisation in cross-border cooperation. *Sustainability*, 13(9), 4899. <https://doi.org/10.3390/su13094899>
- Krätke, S. (2002): Cross-border cooperation and regional development in the German–Polish border area. In: M. Perkmann – N.-L. Sum (eds.) *Globalization, regionalization, cross-border regions*. New York: Palgrave Macmillan. 125–147. https://doi.org/10.1057/9780230596092_6
- Kurowska-Pysz, J. – Castanho, R. A. – Loures, L. (2018): Sustainable planning of cross-border cooperation: A strategy for alliances in border cities. *Sustainability*, 10(5), 1416. <https://doi.org/10.3390/su10051416>
- Kurowska-Pysz, J. (2016): Opportunities for cross-border entrepreneurship development in a cluster model exemplified by the Polish–Czech border region. *Sustainability*, 8(3), 230. <https://doi.org/10.3390/su8030230>
- Kuzmin, O. – Kravchenko, I. (2014): Cross-border cooperation of enterprises: Essence and significance. *ECONTECHMOD*, 3(2), 35–40. <https://ena.lpnu.ua/bitstreams/9e268ee5-fdff-4d4f-860d-4928dbd85b6d/download>
- Lavrinenko, O. – Ohotina, A. – Ruzha, O. – Shmarlouskaya, H. – Tumulavičius, V. (2015): *Cross-border cooperation of small and medium enterprises: Problems, opportunities, prospects*. Rezekne: Rezekne Higher Education Institution. https://www.researchgate.net/publication/295812727_Lavri

- nenko_O_Ohotina_A_Ruzha_O_Shmarlouskaya_H_Tumalavicius_V_2015_Cross_Border_Cooperation_of_Small_and_Medium_Enterprises_Problems_Opportunities_Prospects_Monograph_Rezekne_Higher_Education_Institut
- Leick, B. (2011): Barriers to co-operation and competitive advantage: Cross-border business networks of Saxon and Northern Bohemian firms. *Journal for East European Management Studies*, 16(2), 162–184. <https://hdl.handle.net/10419/84083>
- Lepik, K. – Krigul, M. (2014): Challenges in knowledge sharing for innovation in cross-border context. *International Journal of Knowledge-Based Development*, 5(4), 332–343. <https://doi.org/10.1504/IJKBD.2014.068044>
- Lundén, T. (2004): *On the boundary. About humans at the end of territory*. Huddinge: Södertörns Högskola.
- Lundquist, K. J. – Trippel, M. (2011): Distance, proximity and types of cross-border innovation systems: A conceptual analysis. *Regional Studies*, 45, 450–460. <https://doi.org/10.1080/00343404.2011.560933>
- Maier, M. F. – Nijkamp, P. (2013): *A handbook of regional science*. Berlin: Springer Verlag.
- McCall, C. (2013): European Union cross-border cooperation and conflict amelioration. *Space and Polity*, 17(2), 197–216. <https://doi.org/10.1080/13562576.2013.817512>
- Medeiros, E. (2016): *Analysis of the results of DG REGIO's online public consultation on overcoming obstacles in border regions*. Brussels: European Commission. https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/whats-new/consultation/overcoming-obstacles-border-regions/overcoming_obstacles_en.pdf
- Meliá-Martí, E. – Meira, D. – Martínez, J. C. – Bertuzzi, R. (2023): Cross-border cooperation: A response to the challenges facing agrifood cooperatives in Southern European countries. *Annals of Public and Cooperative Economics*, 97(Special Issue), 981–1006. <https://doi.org/10.1111/apce.12430>
- Monfort, P. (2009): *Territories with specific geographical features*. European Union Regional Policy Working Papers, No. 2/2009. A series of short papers on regional research and indicators produced by the Directorate-General for Regional Policy, European Commission. https://ec.europa.eu/regional_policy/en/information/publications/working-papers/2009/territories-with-specific-geographical-features
- Nagy, I. (2020): Cross-border cooperation on the external borders of the EU and the impact of the received EU CBC funds on AP Vojvodina/Serbia. *Belgeo*, 2, 1–16. <https://doi.org/10.4000/belgeo.38732>
- Nave, E. – Franco, M. (2021): Cross-border cooperation to strengthen innovation and knowledge transfer: An Iberian case. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, 34(4), 103–113. <https://doi.org/10.1080/13511610.2021.1964354>
- Neuberger, S. – Saatkamp, H. W. – Oude Lansink, A. G. J. M. – Darr, D. (2021): Can differences in innovativeness between European cross-border regions be explained by factors impeding cross-border business interaction? *PLOS ONE*, 16(11), e0258591. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258591>
- Neuberger, S. – Darr, D. – Oude Lansink, A. G. J. M. – Saatkamp, H. W. (2023): The influence of the cross-border innovation environment on innovation processes in agrifood enterprises – a case study from the Dutch-German Rhine-Waal region. *NJAS: Impact in Agricultural and Life Sciences*, 95(1), 1–31. <https://doi.org/10.1080/27685241.2023.2194259>

- Neszmélyi, G. I. – Lampertné Akócsi, I. – Bruder, E. (2016): The evolution of the regional disparities in the Visegrad group in the years 1995–2014. *Geografický časopis*, 68(4), 283–299. https://www.sav.sk/?lang=sk&doc=journallist&part=article_response_page&journal_article_no=12801
- Nienaber, B. – Wille, C. (2020): Cross-border cooperation in Europe: A relational perspective. *European Planning Studies*, 28(1), 17–35. <https://doi.org/10.1080/09654313.2019.1623971>
- Nijkamp, P. (1993): Border regions and infrastructure networks in the European integration process. *Environment and Planning C: Government and Policy*, 11(4), 431–446. <https://doi.org/10.1068/c110431>
- Nilsson, J. – Madsen, O. Ø. (2007): Issues in cross-border mergers between agricultural cooperatives. *Journal of Cooperative Studies*, 40(3), 27–38. <https://doi.org/10.1068/c110431>
- OECD (2024): *Building more resilient cross-border regions. Considerations in governance and partnerships*. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2024/12/building-more-resilient-cross-border-regions_26b5f9c0/d5fd3e59-en.pdf
- Paasi, A. (1991): Deconstructing regions: Notes on the scales of spatial life. *Environment and Planning A*, 23(2), 239–256. <https://doi.org/10.1068/a230239>
- Perkmann, M. (1999): Building governance institutions across European borders. *Regional Studies*, 33, 657–667. <https://doi.org/10.1080/00343409950078693>
- Perkmann, M. (2007): Construction of new territorial scales: A framework and case study of the EUREGIO cross-border region. *Regional Studies*, 41(2), 253–266. <https://doi.org/10.1080/00343400600990517>
- Petrović, N. – Ritter, K. (2021): Overview of IPA HUSRB cross-border projects in the agriculture sector in northern part of Serbia. *Studia Mundi – Economica*, 8(3), 168–179. <https://doi.org/10.18531/Studia.Mundi.2021.08.03.168179>
- Popescu, G. (2012): *Bordering and ordering in the twenty-first century: Understanding borders*. Lanham: Rowman & Littlefield Publishers.
- Prescott, J. R. V. (1965): *The geography of frontiers and boundaries*. London: Routledge.
- Raposo, L. M. – Ferreira, J. M. J. – Fernandes, I. C. (2014): Local and cross-border SME cooperation: Effects on innovation and performance. *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, 23(4), 157–165. <https://doi.org/10.1016/j.redec.2014.08.001>
- Reznikova, N. V. – Rubtsova, Y. M. – Yatsenko, M. O. (2020): The role of innovation clusters in building up investment and innovation strategies in the cross-border cooperation context. *Actual Problems of International Relations*, 1(142), 85–98. <https://doi.org/10.17721/apmv.2020.142.1.8598>
- Sack, R. (1986): *Human territoriality: Its theory and history*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Schiff, M. – Winters, A. L. (2002): *Regional cooperation and the role of international organizations and regional integration*. Policy Research Working Paper No. 2872. Washington, DC: The World Bank Development Research Group Trade. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-2872>
- Scott, J. W. (2012): European politics of borders, border symbolism and cross-border cooperation. In: T. M. Wilson – H. Donnan (eds.) *A companion to border studies*. 83–99. <https://doi.org/10.1002/9781118255223.ch5>
- Smallbone, D. – Xheneti, M. – Welter, F. (2009): Enterprise cross-border cooperation as a form of international entrepreneurship. *RENT XXIII Conference “Entrepreneurial Growth of the Firm”*, 120, Budapest. https://www.researchgate.net/publication/41833747_Enterprise_cross_border_cooperation_as_a_form_of_international_entrepreneurship

- Toca, V. C. (2013): *Ethnical analysis within Bibor–Hajdú-Bihar Euroregion*. MPRA Paper No. 62054. Munich Personal RePEc Archive. <https://ideas.repec.org/p/pra/mprapa/62054.html>
- Ulijn, J. – Drillon, D. – Lasch, F. (2007): *Entrepreneurship, cooperation and the firm: The emergence and survival of high-technology ventures in Europe*. Cheltenham: Edward Elgar. https://www.researchgate.net/publication/280194329_Entrepreneurship_Cooperation_and_the_Firm_The_Emergence_and_Survival_of_High-technology_Ventures_in_Europe20081Edited_by_Jan_Ulijn_Dominique_Drillon_and_Frank_Lasch_Entrepreneur-ship_Cooperation_and_th/link/60d2fbad92851c34e07d4345/download
- Wevers, H. T. – Voinea, C. L. – De Langen, F. (2020): Social entrepreneurship as a form of cross-border cooperation: Complementarity in EU border regions. *Sustainability*, 12(20), 8463. <https://doi.org/10.3390/su12208463>
- Wevers, H. T. – Voinea, C. L. – Curseu, P. L. (2025): Social entrepreneurial ecosystems in Euro-regions. *Social Enterprise Journal*, 21(1), 67–90. <https://doi.org/10.1108/SEJ-02-2024-0014>
- Zabielska, I. – Zielińska-Szczepkowska, J. – Wojarska, M. – Oleszczyk, N. (2021): Simulation of cross-border business activity: A case study of the EU Eastern Border. *European Research Studies Journal*, XXIV(Special Issue 3), 112–127. <https://doi.org/10.35808/ersj/2412>
- Zanger, C. – Hodicova, R. – Gaus, H. (2008): Psychic distance and cross-border cooperation of SMEs: An empirical study on Saxon and Czech entrepreneurs' interest in cooperation. *Journal of East European Management Studies*, 13(1), 40–62. <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/84108/1/768269822.pdf>
- Welter, F. – Smallbone, D. (2008): Entrepreneurship in a cross-border context: The example of transition countries. In: K. Klyver (ed.) *ICSB World Conference*. Halifax, Canada: The Faculty of Business and Social Sciences, Department of Business and Sustainability. https://www.researchgate.net/publication/42361440_Entrepreneurship_in_a_cross-border_context_the_example_of_transition_countries

Author(s)

Nikolina Németh

ORCID: [0000-0001-7506-3186](https://orcid.org/0000-0001-7506-3186)

PhD Student

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Doctoral School of Economic and Regional Sciences

E-mail: petrovicnikolina7@gmail.com

Krisztián Ritter

ORCID: [0000-0003-1206-3159](https://orcid.org/0000-0003-1206-3159)

Associate professor

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Rural Development and Sustainable Economy

E-mail: rtitter.krisztian@uni-mate.hu

A műre a Creative Commons4.0 standard licenc alábbi típusa vonatkozik:
[CC-BY-NC-ND-4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

This work is licensed under a
Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.



Recenzió

Szeberényi András – Bhgah Y. Adam – Er. Harish Sharma – Dhivya A. Plastic Recycling & Waste Management – JSR Publications, 2023 című könyvéhez

Kozma Dorottya Edina

Összefoglalás

A Plastic Recycling & Waste Management című kötet a műanyag-hulladékgazdálkodás és az újrahasznosítás aktuális kérdéseit átfogó, interdiszciplináris megközelítésben dolgozza fel. A mű a műanyagok életciklusát, a hulladékgazdálkodási rendszerek működését, valamint a mechanikai, termikus és innovatív újrahasznosítási technológiákat mutatja be, miközben hangsúlyozza a körforgásos gazdaság és a fenntartható erőforrás-gazdálkodás jelentőségét. A kötet nem csupán a technológiai megoldások ismertetésére törekszik, hanem rámutat arra is, hogy a műanyag-hulladék problémájának kezelése a szabályozási környezet, a gazdasági ösztönzők és a környezettudatos fogyasztói magatartás együttes érvényesülését igényli. Ennek köszönhetően a könyv értékes szakirodalmi forrásként szolgál a környezetvédelem, a hulladékgazdálkodás és a fenntartható fejlődés területén oktatók, kutatók és felsőoktatási hallgatók számára egyaránt.

Kulcsszavak: műanyag-újrahasznosítás, hulladékgazdálkodás, körforgásos gazdaság

JEL: Q53, Q56, Q57

Book Review

Plastic Recycling & Waste Management by András Szeberényi – Adam Bhgah Y. – Sharma Er. Harish – Dhivya A. – JSR Publications, 2023

Abstract

The book Plastic Recycling & Waste Management discusses modern problems related to the management and recycling of plastics in a holistic way. It considers the life cycle of plastics, waste management processes, methods of mechanical, thermal, and advanced recycling, paying particular attention to the principles of circular economy and sustainable resource management. While discussing technological solutions to the problem of plastic waste, it is stressed that the solution of this problem lies in combining regulations, financial motivation, and consumer consciousness. Consequently, this book may be considered very useful both for educators and college students specializing in environmental protection, waste management, and sustainable development.

Keywords: plastic recycling, waste management, circular economy

JEL (SME Jel): Q53, Q56, Q57

A műanyag-hulladékgazdálkodás komplex megközelítése

A műanyagok napjaink gazdaságának nélkülözhetetlen alapanyagai, ugyanakkor gyorsan növekvő felhasználásuk egyre súlyosabb környezeti kihívásokat eredményez. A műanyag-hulladék kezelése ezért már nem csupán hulladékgazdálkodási kérdés, hanem a fenntartható fejlődés és a körforgásos gazdaság egyik meghatározó területe. Ezen tudományos és szakpolitikai környezetbe illeszkedik a *Plastic Recycling & Waste Management* című kötet, amely átfogó képet ad a műanyagok életciklusáról, a hulladékgazdálkodási rendszerekről és a korszerű újrahasznosítási technológiákról.

A könyv tíz fejezete logikusan épül egymásra: a műanyagszennyezés globális problémájának bemutatásától a mechanikai újrahasznosításon és az energetikai hasznosításon át egészen a cementipari együttégetés és a plazma-pirolízis ismertetéséig. A kötet egyik legfontosabb erőssége, hogy a műanyag-hulladékgazdálkodást nem kizárólag műszaki problémaként értelmezi, hanem a fenntartható fejlődés komplex rendszerének részeként vizsgálja. A szerzők hangsúlyozzák, hogy a hulladékképződés megelőzése, az anyagában történő hasznosítás, az energetikai hasznosítás és a társadalmi szemléletformálás egymást kiegészítő elemei egy fenntartható gazdasági modellnek.

Ez a megközelítés összhangban áll a fenntarthatóság nemzetközi szakirodalmával. Szeberényi (2021) szerint a fenntarthatóság gazdasági, társadalmi és környezeti dimenziói csak integrált szemléletben értelmezhetők, míg a Fenntartható Fejlődési Célok (SDG-k) teljesítése a technológiai innováció mellett az oktatás és a környezeti felelősségvállalás erősítését is megköveteli. A recenzált kötet ezt a szemléletet követi, amikor a műanyagok újrahasznosítását az erőforrás-hatékonyság és a körforgásos gazdaság összefüggéseiben mutatja be.

A könyv részletesen ismerteti a műanyagok globális felhasználásának növekedését, a műanyagszennyezés környezeti következményeit, valamint a teljes életciklus környezeti terhelését. Kiemeli, hogy a probléma nem kizárólag a hulladékkezelés szakaszában jelentkezik, hanem a termelési és fogyasztási folyamat egészét érinti. A szerzők ugyanakkor reális képet adnak az újrahasznosítás jelenlegi lehetőségeiről és korlátairól is. Rámutatnak, hogy a különböző polimerek keveredése, a szennyeződések és az ismételt feldolgozás során bekövetkező minőségromlás jelentősen befolyásolja a másodnyersanyagok felhasználhatóságát. Ez kiegyensúlyozott megközelítést eredményez, elkerülve azt az egyszerűsítő szemléletet, amely az újrahasznosítást önmagában elegendő megoldásként kezeli.

A technológiai megközelítés és a társadalmi dimenzió összekapcsolása

A kötet központi fejezetei részletesen ismertetik a mechanikai újrahasznosítást, az energetikai hasznosítást, a cementipari együttégetést és a plazma-pirolízis technológiai lehetőségeit. A szerzők nemcsak az egyes eljárások működését mutatják be, hanem azok korlátait is, ami tudományosan kiegyensúlyozott értékelést eredményez.

A recenzió ugyanakkor rámutat arra, hogy a technológiai fejlesztések önmagukban nem elegendők. Az újrahasznosítás sikerének alapfeltétele a megfelelő minőségű szelektív hulladékgyűjtés, amely nagymértékben függ a fogyasztói magatartástól és a környezeti tudatosságtól. Ezt támasztják alá Szeberényi (2017), valamint Szeberényi és munkatársai (2022) kutatásai is, amelyek szerint az egyetemi hallgatók körében ugyan magas a környezeti érzékenység, de a különböző műanyag hulladékok megfelelő kezelése még mindig számos bizonytalanságot mutat.

Hasonló következtetésre jut Lukács és munkatársai (2023) vizsgálata is, amely szerint a fiatalok nyitottak a környezetbarát fogyasztási szokásokra, ugyanakkor a hulladékkezelési ismeretek fejlesztése továbbra is szükséges. A könyv és ezek az empirikus kutatások jól kiegészítik egymást: míg a kötet a technológiai megoldásokra helyezi a hangsúlyt, addig a kutatások rávilágítanak arra, hogy a

körforgásos gazdaság sikerének egyik legfontosabb feltétele a megfelelő társadalmi szemléletformálás és környezeti nevelés.

A kötet tudományos jelentősége és kritikai értékelése

A Plastic Recycling & Waste Management legnagyobb tudományos értéke, hogy a műanyag-hulladékgazdálkodást nem elszigetelt technológiai problémaként, hanem a fenntartható fejlődés és a körforgásos gazdaság meghatározó elemének tekinti. A szerzők következetesen hangsúlyozzák, hogy a hulladékkezelés jövője nem egyetlen innovatív technológia alkalmazásán múlik, hanem a megelőzés, az újrahasználat, az anyagában történő hasznosítás, az energetikai hasznosítás és a megfelelő szabályozási környezet összehangolt működésén. Ez a szemlélet összhangban áll az Európai Unió körforgásos gazdaságra vonatkozó stratégiáival és a fenntartható fejlődési célokkal.

A könyv jelentős erénye, hogy a különböző újrahasznosítási technológiákat nem egymás alternatíváiként, hanem egymást kiegészítő megoldásokként mutatja be. A mechanikai újrahasznosítás mellett részletesen ismerteti az energetikai hasznosítás, a cementipari együttégetés és a plazma-pirólízis lehetőségeit, miközben reálisan értékeli ezek alkalmazhatóságát és korlátait. Ez hozzájárul ahhoz, hogy az olvasó árnyalt képet kapjon a jelenlegi technológiai lehetőségekről.

Mindemellett a kötet elsősorban műszaki szemléletű, ezért a társadalomtudományi tényezők – különösen a fogyasztói magatartás, a környezeti nevelés és a fenntartható fogyasztás – kisebb hangsúlyt kapnak. Napjaink kutatásai azonban egyértelműen igazolják, hogy a technológiai fejlesztések önmagukban nem elegendők, mivel eredményességük jelentős mértékben függ a lakosság környezeti ismereteitől és együttműködésétől.

Ezt támasztják alá a szerző korábbi kutatásai is, amelyek szerint a környezettudatosság és a tényleges hulladékkezelési gyakorlat között továbbra is jelentős különbségek figyelhetők meg. Bár az egyetemi hallgatók többsége fontosnak tartja a környezetvédelmet, a műanyag hulladékok megfelelő kezelése és a fenntartható fogyasztási döntések alkalmazása még nem minden esetben következetes (Szeberényi et al. 2022). Mindez arra utal, hogy a technológiai innováció mellett továbbra is kiemelt szerepe van a szemléletformálásnak és a környezeti nevelésnek.

A kötet további előnye a közérthető, ugyanakkor tudományosan megalapozott nyelvezet. Az ábrák és technológiai folyamatleírások jól támogatják a szöveg értelmezését, ezért a könyv nemcsak kutatók, hanem felsőoktatási hallgatók és a hulladékgazdálkodás gyakorlati szereplői számára is hasznos szakirodalom.

Összegzés

Összességében megállapítható, hogy a Plastic Recycling & Waste Management korszerű és hiánypótló szakkönyv, amely átfogó képet ad a műanyag-hulladékgazdálkodás jelenlegi helyzetéről és fejlődési irányairól. Legnagyobb értéke a rendszerszemléletű megközelítés, amely a műanyagok teljes életciklusát, az újrahasznosítás különböző technológiai lehetőségeit és a fenntartható erőforrás-gazdálkodás alapelveit egységes keretben tárgyalja.

A társadalmi és viselkedéstudományi aspektusok részletesebb bemutatása tovább erősítette volna a kötet tudományos értékét, ez nem csökkenti jelentőségét. A mű megbízható, korszerű áttekintést nyújt a műanyagok újrahasznosításának technológiai lehetőségeiről, miközben felhívja a figyelmet arra, hogy a fenntartható hulladékgazdálkodás csak a technológiai innováció, a megfelelő szabályozási környezet és a tudatos fogyasztói magatartás együttes érvényesülésével valósítható meg.

A kötet ezért ajánlható mindazok számára, akik a műanyag-hulladékgazdálkodás, a körforgásos gazdaság és a fenntarthatóság kérdéseivel foglalkoznak. Tudományos értékét nemcsak a korszerű technológiai áttekintés, hanem a fenntartható anyaggazdálkodás rendszerszemléletű megközelítése is jelentősen növeli.

Hivatkozott források

- Lukács, R. – Szeberényi, A. – Papp-Váry, Á. (2023): Attitudes towards environmentally conscious lifestyle among university students in Budapest – In light of their purchasing decisions and waste management. In: *22nd International Scientific Conference Engineering for Rural Development*. 233–241. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2023.22.TF047>
- Szeberényi, A. (2017): Environmentally conscious lifestyle analysis among high school and university students in a Hungarian rural town of Heves County. *Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development*, 2, 74–78. <https://doi.org/10.1515/vjbsd-2017-0013>
- Szeberényi, A. (2021): Examining the main areas of environmental awareness, sustainability and clean energy. In: D. Guce – H. Uygun – R. Gujrati (eds.) *Tradepreneur Global Academic Platform – Sustainable Development Goals 2021*. 258–274.
- Szeberényi, A. – Lukács, R. – Papp-Váry, Á. (2022): Examining environmental awareness of university students. In: *21st International Scientific Conference Engineering for Rural Development*. 604–611. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2022.21.TF198>
- Szeberényi, A. – Rokicki, T. – Papp-Váry, Á. (2022): Examining the relationship between renewable energy and environmental awareness. *Energies*, 15, 7082. <https://doi.org/10.3390/en15197082>

Szerző

Kozma Dorottya Edina

ORCID: [0000-0002-4948-8815](https://orcid.org/0000-0002-4948-8815)

PhD.

Egyetemi docens

Pannon Egyetem, Üzleti Tudományok Intézete

E-mail: kozma.dorottya.edina@gtk.uni-pannon.hu

A műre a Creative Commons 4.0 standard licenc alábbi típusa vonatkozik:

CC-BY-NC-ND-4.0

This work is licensed under a

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

