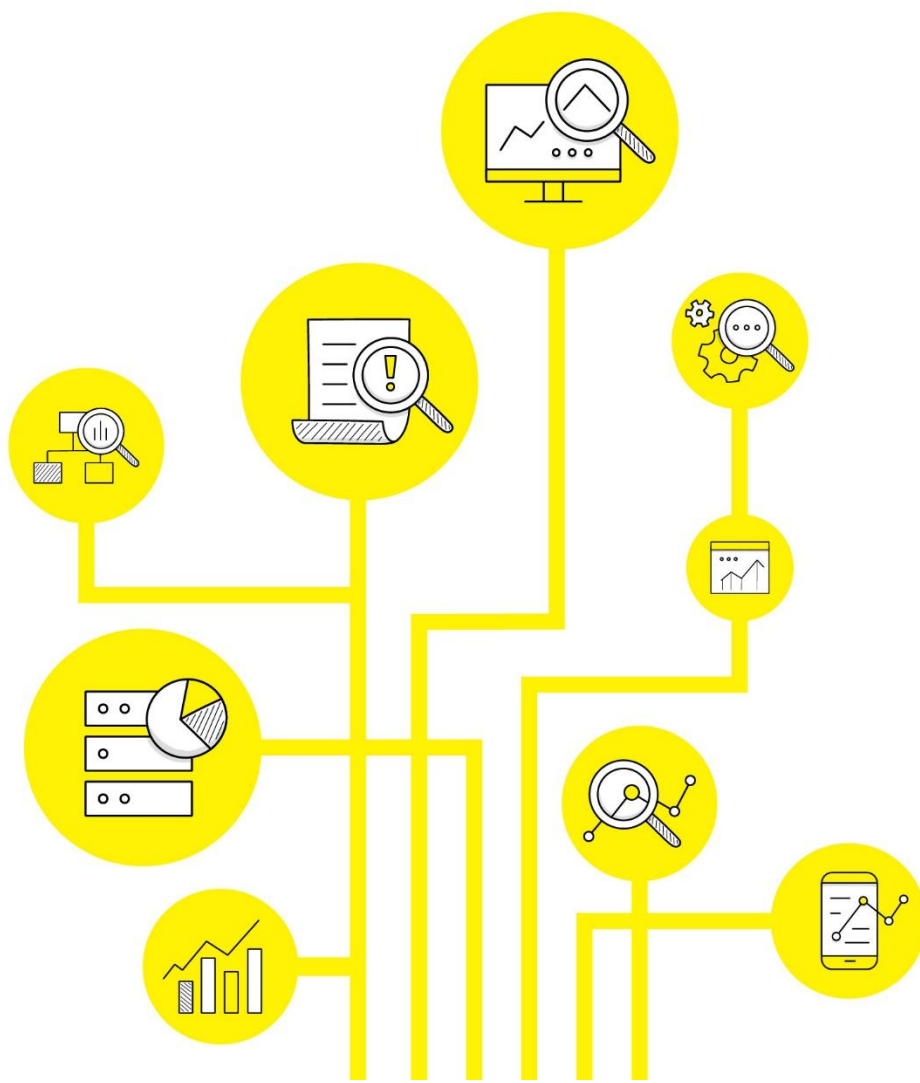


Szemelvények a BGE Kutatásaiból 2025



Szemelvények a BGE kutatásaiból IV. kötet

Szerkesztő:

Dr. habil. Szegedi Krisztina

Szakmai lektorok:

Dr. Szóka Károly, Dr. Varga Erika Erzsébet

Nyelvi lektor:

Dr. Bánhegyi Mátyás

ISBN: 978-615-6886-28-6

DOI: [10.29180/978-615-6886-28-6](https://doi.org/10.29180/978-615-6886-28-6)

Jelen kiadványt, illetve annak részeit a kiadó előzetes írásos engedélye nélkül tilos reprodukálni, adatrögzítő rendszerben tárolni, bármilyen formában vagy eszközzel, elektronikus vagy más módon közölni.

Kiadó:

Budapesti Gazdaságtudományi Egyetem, 1055 Budapest, Markó utca 29-31.

Felelős kiadó:

Prof. Dr. Andor György, rektor

Tartalomjegyzék

BALOGH Krisztián Zoltán – HEGEDŰS Szilárd: A magyarországi vörösiszap biohidrometallurgiai hasznosításának lehetősége és költség-haszon elemzése	5
BIRÓ Lóránt: Előre jelezhető-e a magyar GDP?.....	15
Judit BAYER: Proposal for an International AI Governance Organisation to Prevent Catastrophic AI Outcomes	22
KOZÁK Tamás– TARALIK Krisztina: A kiskereskedelmi árréskorlátozás hatásai	30

A magyarországi vörösiszap biohidrometallurgiai hasznosításának lehetősége és költség-haszon elemzése

BALOGH Krisztián Zoltán¹ – HEGEDŰS Szilárd²

DOI: [10.29180/978-615-6886-28-6_1](https://doi.org/10.29180/978-615-6886-28-6_1)

Absztrakt

Korunk technológiai fejlődését nagyban meghatározzák a nyersanyagok, és egyre nagyobb az ipar igénye a fémekre és ritkaföldfémekre, ugyanis ezek nélkülözhetetlen tulajdonságokkal rendelkeznek a modern és környezetbarát technológiák fejlesztésében. Cikkünkben megvizsgáljuk, hogy a Magyarországon is nagy mennyiségben tárolt vörösiszapot, miként lehet hasznosítani. A vörösiszap nagy mennyiségű fémes elemet tartalmaz, emellett ritka földfémek is megtalálhatók benne. Kinyerésük azonban jelenleg is kutatások tárgyát képezi. Kutatásunk során a legjobb hatásfokkal rendelkező és költséghatékony megoldást keressük. Biológiai módszereket vizsgálunk a fémek és ritkaföldfémek kinyerésére ezen módszerek fenntarthatóságával együtt. Továbbá megvitatjuk a módszerek jövedelmezőségét a jelenleg rendelkezésre álló források alapján. A kutatás során költség-haszon elemzést készítünk a jelenleg alkalmazott technológiák és a biohidrometallurgiai módszer összehasonlítására. Kiemelten vizsgáltuk kutatásunk során a hidrometallurgiai és biohidrometallurgiai módszereket. A vörösiszap biohidrometallurgiával történő hasznosítása közép- és hosszútávon igencsak jövedelmezővé válhat, ugyanis a ritkaföldfémek csökkenése miatt áremelkedés várható, valamint a háziipari felhasználás miatt különösen értékesé válhat ez a másodnyersanyag. A cikkünkben vizsgált módszerek gazdasági logikája nem csupán a kinyert fémek értékén alapul, hanem egy sok milliárd forintos környezeti terhet és kockázatot alakít egy profittermelő, stratégiai fontosságú nemzeti erőforrássá alakít át.

Kulcsszavak: Vörösiszap, ritkaföldfémek, biohidrometallurgia, másodlagos nyersanyag

Bevezetés

Már napjainkban is egyre jobban érzékelhető, hogy a fémek és ritkaföldfémek kritikus erőforrássá fognak válni, ha már ugyan nem azok. Megoldást a biohidrometallurgia (BHM) jelenthet, mely során az úgynevezett biológiai kioldás (bioleaching), lehetővé teszi a meddőhányókban és másodlagos bányászati nyersanyagokban akkumulálódott fémek, köztük a kritikusan fontos ritkaföldfémek visszanyerését. A módszer a hagyományos bányászati eljárások hatékony és környezetkímélő kiegészítő technológiájaként jelenthet megoldást, ezzel hozzájárulva a körforgásos gazdaság elveinek érvényesüléséhez.

Jelenleg az ipar nyersanyag felhasználása folyamatosan nő, a nyersanyag árak pedig egyre magasabbak, mert a kitermelés egyre nehezebb a könnyen hozzáférhető készletek csökkenésével. A világpiacon tovább nehezíti a stabil árképzést, hogy a legtöbb fémércet olyan országokban termelik ki, ahol instabil a geopolitikai helyzet vagy államilag központosított a bányászati/kohászati tevékenység. Továbbá Kína a fémérc kitermelésében globális jelentőségű már-már monopolisztikus helyzetben van, így szerepe nem elhanyagolható a bányászati trendek alakulásában. Számos kínai tanulmány született a biohidrometallurgiai technológiákról is. A biohidrometallurgia olyan nyersanyag készleteket szabadítana fel,

¹ BGE PSZK gazdálkodási és menedzsment alumni, Soproni Egyetem ESG és alkalmazott fenntarthatósági szakember mesterszak hallgató, baloghk5@gmail.com

² BGE PSZK egyetemi docens, ORCID: [0000-0002-0286-1715](https://orcid.org/0000-0002-0286-1715), hegedus.szilard@uni-bge.hu

amelyek eddig nem kerültek felhasználásra és gyakran nem is voltak elérhetők más technológiával. (Fleit, 2018)

Magyarországon is számottevő az olyan meddőhányó és zagy tározó, amelyet a biohidrometallurgiai módszerekkel költséghatékonyan és a legkisebb környezeti terheléssel lehetne hasznosítani. Hazánkban számos olyan kiaknázatlan meddőhányó van, amelyen a BHM technológiával lehetne nyersanyag kitermelést végezni. Ennek ellenére Magyarországon még nem eléggé elterjedt a technológia, és a bányák rekultivációja során nem helyezik előtérbe a meddőhányókban maradt nyersanyagok kinyerését, inkább az emberi tevékenység okozta kárt igyekeznek megszüntetni, és próbálják a terület természetes mivoltát visszaadni. (Kovács, 2018)

A rekultivációs tevékenység az állam számára költségként jelentkezik, melyet a BHM módszerrel lehetne csökkenteni, mivel a bioleaching rendkívül költséghatékony módszer a fémek és ritka földfémek kioldására. Emellett környezetkímélőbb, mint a hagyományos bányászati módszerek és energiahatékonyabb mint a pirometallurgia. A folyamat során kisebb a környezeti zaj és légszennyezés. A hagyományos technológiákhoz képest jelentősen alacsonyabb a CO₂ kibocsátása és az energia igénye, emellett alacsony technológiai szintű infrastruktúrát igényel, ezért kevesebb a meghibásodás lehetősége. (Fleit, 2018)

A vörösiszap mint másodnyersanyag: Hasznosítás és technológiák

Jelen kutatásunkban megvizsgáljuk, hogy az ajkai vörösiszap tároló biohidrometallurgiai módszerekkel történő hasznosítása milyen költségek mellett milyen hasznokat hozna. Az évek során nagy mennyiségű vörösiszap halmozódott fel Ajka környékén, amely nagy arányban tartalmaz hasznos nyersanyagot, köztük ritka földfémeket is.

Az Ajkán 2010. október 4-én történt vörösiszap-katasztrófa során vált igazán fontossá a vörösiszap kezelése, mivel több emberáldozatot követelt a katasztrófa. Emellett igen jelentős anyagi kárt is okozott a környező falvakban: Devecseren és Kolontáron. Továbbá bekerülve a Torna-patakba és a Marcal-folyóba, jelentős ökológiai károkat okozott. Ez is jól mutatja, hogy bár jelenleg veszélyes problémát jelent a vörösiszap a közvélemény számára, ezzel szemben kiváló nyersanyagforrás is válhat belőle.

1. táblázat: A vörösiszap néhány anyagjellemzője

Forrás: Korpics B. (2022) *A vörösiszap összetétele – alumíniumkohászat-vörösiszap.*

A vörösiszap néhány anyagjellemzője:	
Anyag sűrűség	3,1-3,8 t/ m ³
Hézagterfogat	1,16
Térfogatsűrűség	1,87-2,0 t/ m ³
Belső súrlódási szög	5-10°
Egyirányú nyomószilárdság	40-112 N/cm ²
Szivárgásitényező	10 ⁻⁷ - 10 ⁻⁸ m/s

Magyarországon jelenleg Ajka, Almásfüzitő és Mosonmagyaróvár térségében található zagy tározókban van vörösiszap, ezen vörösiszaptározók, bioleaching potenciálja igen jónak mondható, számos fém és ritkaföldfém lehetne kinyerni. Figyelembevéve a vörösiszap térfogatsűrűségét, Magyarországon több mint 50 millió tonna vörösiszap van a zagy tározó kazettákban. Ajkán mintegy 35-40 millió tonna vörösiszapot tárolnak. (Kovács, 2018)

A biohidrometallurgia sokkal kedvezőbb költséget von maga után, mint a hagyományos kitermelés, mivel nem kell a felszínre hozni, kitermelni az alapanyagot és nincsenek további finomítási költségek a vörösiszapból történő kioldás esetén. A biohidrometallurgia költségvonzata jóval kedvezőbb, mint a kémiai hidrometallurgiai eljárásoknak. Emellett kiválóan beillik a 3R (Reduce, Reuse, Recycle) filozófiába, mivel az alap bányatevékenység melléktermékét, hulladékát hasznosítják a folyamat során, utána pedig megkezdődhet a vörösiszaptároló kazetták rekultivációja. Így olyan nyersanyagok kitermelése válik lehetővé, amelyek igen keresettek az iparban, így a vörösiszapból értékes nyersanyag termelhető ki.

2. táblázat: *A vörösiszap összetétele Ajkán a MAL Zrt. közlése szerint a katasztrófa után közzétett adatok alapján*

Forrás: *MAL Zrt. Sajtóközlemény 2010. október 8.*

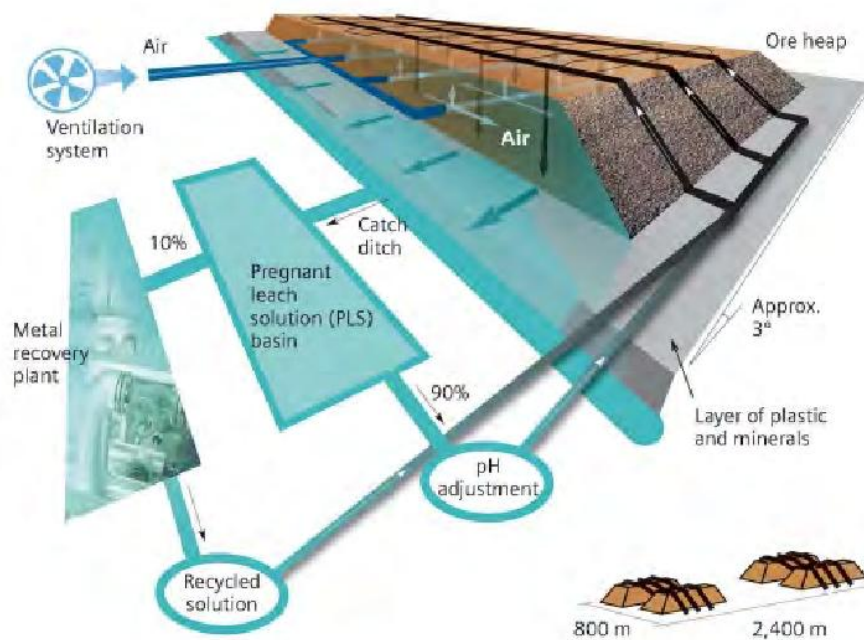
Összetevő	Százalékos arány	Az arányokat figyelembevéve 35 millió tonnára vetítve (saját számítás)
Vas (III)-oxid Fe_2O_3	40-45%	14 millió tonna
Alumínium-oxid Al_2O_3	10-15%	3,5 millió tonna
Szilícium-oxid SiO_2	10-15%	3,5 millió tonna
Kalcium-oxid CaO	6-10%	2,1 millió tonna
Titán-dioxid TiO_2	4-5%	1,4 millió tonna
Nátrium-oxid Na_2O	5-6%	1,75 millió tonna

Ilyen mennyiségű vörösiszapból jelentős mennyiségű nyersanyagot lehet kinyerni bioleachinggel. A folyamat költség-haszon aránya pedig igen jónak mondható, a táblázatban nem felsorolt alkotóelemek közül a vörösiszap számos alkotóeleme ritkaföldfém, bár ezek aránya általában 1% alatti. Azonban a ritka földfémek ára jóval magasabb, mint a többi alkotóelemé. D.Wei (2020) és munkatársai a vörösiszap összetételének meghatározásakor 0,0078 térfogatszázalékban határozták meg a vörösiszap szkandium tartalmát, emellett még tartalmaz galliumot, lantánt és titánt. Az oldatsűrűség nagyban befolyásolja a kioldás sebességét és hatékonyságát. Minél hígabb oldatot alkalmazunk, annál nagyobb a kioldás határfoka, ellenben növeli a kioldás idejét és költségeit. A Pannon Egyetem kutatásai alapján elmondható, hogy a vörösiszapból 55,56%-os kihozattal lehetett szkandiumot kioldani a vörösiszapból. (Mádainé et al.,2020) Átlagosan számolva ~24,72 gramm/tonna a kihozatali arány. Ehhez képest kellene megvizsgálni a biológiai kioldás kihozatali és hatékonysági mutatóit. A vörösiszap magas vastartalma miatt másodnyersanyagként lehetne hasznosítani. A vörösiszap vastartalmának kinyerésére már a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Nonprofit Kft. készített tanulmányt. A vasat biológiai módszerekkel lehetne kivonni a vörösiszapból magnetit

szintézissel. Emellett a kutatás során vizsgálták a biológiai módszerekkel történő szkandium kinyerés lehetőségét is.

Technológiai áttekintés

A bioleaching olyan korszerű megoldás, amely során a talajban, vagy esetünkben a meddőhányókban zagykazettákban rejlő fémeket a hagyományos módszereknél környezetbarátabb módon lehet kinyerni. A folyamat során a bányászni kívánt területen szükséges az oldatba vitel előkészítése a légmentes lezárása (esetünkben a zagykazettáknak), a kialakított lyukakon a vizet a tápanyagot és a baktérium kultúrát szükséges bejuttatni a bányászni kívánt közegbe. Azt utána levegővel és glükózzal kell táplálni, hogy a baktérium kultúra elvégezhesse a fémek redukcióját. Ezek után egy bioreaktorban az oldatba vitt fémeket kell kiválasztani az oldatból, majd elektrolízissel katódfémé alakítani. A bioleaching technológiai költségei, hulladékokból jóval alacsonyabbak mintha, ezeket közvetlenül az ércekből végeznék, tudniillik az ércek kibányászásától az oldatba vitelig 40%-os költségvonzat aránya van a fent említett technológiák előkészítésének, kioldásának. (Thompson, 2017)



1. ábra: Biohidrometallurgia folyamatábrája

Forrás: Fleit, 2018

Ha a Bayer-féle alumínium előállítási ciklust vizsgáljuk és az itt keletkező hulladékot visszük oldatba és ezt kezdjük biológiai folyamatokkal bányászni, akkor jelentős költségmegtakarítást érhetünk el. Az ércekből a Bayer féle eljárással nagy mennyiségű alumíniumot lehet gazdaságosan kibányászni és az eljárás mellékterméke a vörösiszap, amit már könnyű oldatba vinni, és nem igényel további finomítást. A Bayer-féle eljárás során a bauxitot megtörik, pörkölik, finomra őrölik, majd nátronlúggal kioldják belőle az alumínium vegyületeket, a keletkező oldatot szűrik és szétválasztják a vörösiszaptól, ebből kiválasztják az alumínium hidroxidot és kemencében izzítva timfölddé alakítják, amiből olvadáspont csökkentés után

elektrolízissal alumíniumot redukálnak. Azonban a vörösiszapban így számottevő a kiaknázatlan nyersanyag, amelyet BHM technológiákkal ki lehet nyerni, és így nem hulladék keletkezne az eljárás során, hanem másodlagos nyersanyag. (Gruber, 2010)

In-situ megoldással pedig a vörösiszapot sem kell átmozgatni, kutakat kell fúrni és úgy telepíteni a betápláló és kinyerő rendszert. A folyamat megkezdéséhez a vizet, az oxigént és a megfelelő baktérium kultúrát szükséges folyamatosan biztosítani. A folyamat előkészítésénél szükséges lezárni a tározót, hogy a nyomás, a hőmérséklet és az összetétel ne változzon. Az előkészítés után a folyamatosan áramló oldatot kell bioreaktorokkal „megszűrni”, leválasztani a fémes elemeket, majd elektrolízissal leválasztani a tiszta fémeket, fémes elemeket. (Fleit, 2018)

A másik elterjedt módszer a savas kioldás, amely során erős savakat használva viszik oldatba a fémeket. Ez a módszer eredményesebb, de sokkal veszélyesebb, jóval nagyobb a környezeti terhelése és jóval költségesebb, de technológia kihozatali aránya csak 10%-kal nagyobb a szkandium esetében a biológiai technológiákhoz viszonyítva.

Költségarányok meghatározása

A projekt költségbecslése során nehéz figyelembe venni az összetevők eloszlásának heterogenitását, mert a vörösiszap a tározóban változó megoszlással tartalmazza az összetevőket minden köbméter vörösiszap, továbbá ez függ az oldat sűrűségétől és a mintavétel mélységétől is. A régen beszivattyúzott vörösiszap még folyadékként az alkotók súlya szerint ülepedhetett.

A projekt költségeinek becslését Thompson (2017) és munkatársainak publikációja alapján végeztük. Fontos megjegyezni, hogy a kutatásuk során nem vörösiszappal foglalkoztak és elsődleges céljuk a ritkaföldfémek kinyerése volt, a technológia költségszerkezete mégis szoros egyezést mutat a vörösiszap BHM technológiás feldolgozásával.

3. táblázat: A Thompson féle kutatás költségei alapján meghatározott költségarányok

Forrás: Thompson et al. 2017

Költség megnevezése	Költség aránya az összköltséghez képest
Tápanyagok	44,3%
Villamos energia	10%
Közüzemi díjak	5,99%
Munkaerő	7,11%
Karbantartás	3,77%
Általános költségek	20,2%
Közvetett kiadások	5,88%
Állandó tőke	2,66%

A legnagyobb kiadás a glükóz pótlása volt a projekthez kapcsolódóan, ugyanis a tápanyag költségek 98%-át tette ki a glükóz pótlása, amely kulcsfontosságú tápanyaga az redukáló baktériumoknak. (Thompson, 2017)

A költségek mellett fontos a várható profitot is megbecsülni, hogy rentábilis-e a projekt. A Bay Zoltán Nonprofit Kft., által készített tanulmány kitér arra, hogy a vörösiszapból, magnetitet és szkandiumot lehet könnyen kioldani biológiai módszerekkel. (Bay Zoltán Kutató Intézet, 2018)

A szkandium ára kilogrammonként 3000-20000 USD között alakul, hiszen a szkandium egy kritikus nyersanyag, amelyet a technológiai fejlődéssel egyre nagyobb mennyiségben használ fel az ipar. Habár fontos megjegyezni, hogy a szkandium előfordulása a vörösiszapban kisebb mint 1%, de a magas világpiaci ára miatt már ilyen mennyiségben is gazdaságos a kioldása. (CRM Alliance, 2022)

A Thomson és mtsai. (2017) által készített tanulmány rámutat arra, hogy ritka földfémeket, bioleaching technológiával és salétromsavas kioldással lehet profitábilisan kitermelni, azonban a salétromsav rendkívül nagy környezeti terhelést jelent és a munkafolyamatok is nagyobb veszélyt hordoznak magukkal. A Thompson és mtsai. (2017) által készített tanulmány szerint a ritkaföldfémek biológiai kioldásával kapcsolatosan megállapítható, hogy az 50%-os oldatsűrűség mellett volt nyereséges a projekt.

Világviszonylatban az alumínium termelés melléktermékéből hatalmas potenciállal rendelkező másodlagos nyersanyagként lehetne a vörösiszagra tekinteni. Ezzel az ökológiai lábnyomát is csökkenthetné az alumíniumipar.

A projekt várható megtérülése, a biomining technológiákkal kinyert fémek és ritka földfémek magas ára gyors megtérülést prognosztizál, ugyanakkor a biomining fizikai korlátjai miatt az időegység alatt „átszűrhető” vörösiszap mennyisége véges, ami jelentősen befolyásolhatja a megtérülés idejét. A Thompson és mtsai. (2017) által készített tanulmány már egy év alatt megtérülést mutatott és jövedelmezővé vált a projekt, habár ők más összetételű alapanyagot bányásztak. Ezenfelül az oldat koncentrációja is nagyban befolyásolja a megtérülés idejét. Ding Wei (2020) és munkatársai kutatásuk során pedig a savas kioldás módszerét használták a bioleachinggel szemben, ezért teljesen pontosan az sem vehető alapul a számítások során.

Nem csak az új ipari technológiák során lehetne hasznosítani a vörösiszapot, hanem a már ismert megoldásokat is tovább lehetne fejleszteni. Például a titándioxid rendkívül keresett pigment, amit a festékipar és a textilipar is felhasznál. (Miskolci Egyetem, 2011)

Magyarországon több kutatás is indult a vörösiszap hasznosítására: az Envirotis Holding az almásfüzitői vörösiszap tárolót vizsgálta a hasznosíthatósága szempontjából. A kutatást 2015-ben prezentálták, amiben arra jutottak, hogy a savas kioldás túl nagy savigényű, ami az anyagköltséget is jelentősen növelte. (Kovács, 2018) Azonban fontos a technológia mennyiségbéli korlátait ismerni. A biomining során további előnyt jelenthet, hogy nem keletkezik veszélyes hulladék, amit kezelni kellene. Csak könnyen kezelhető zagy keletkezne, amit a tárolókba vissza lehetne szivattyúzni, majd ülepítés után rekultiválni lehetne őket véglegesen, zöld felületek kialakításával a zagy tározókon.

A szakirodalom kutatás alapján elmondható, hogy az 1990-es években leginkább Kanadában foglalkoztak a témával, azonban a 2010-es évektől a világ sok pontján, köztük Magyarországon kezdtek kutatásba a biohidrometallurgia terén. A vörösiszap biohidrometallurgiai hasznosításának gazdasági életképességére vonatkozóan egy komplex elemzést készítettünk, amely a közvetlen és közvetett költségeket veti össze a rövid- és hosszútávú hasznokkal.

Költséghaszon elemzés

A projekt teljes költségét CAPEX és OPEX megbontásban vizsgáltuk. A beruházási és működési költségek megoszlása szerint a teljes költségek 50-60%-a beruházási költség, ugyanis a zagyttározó kazetták lezárása és a bioreaktorokhoz tartozó infrastruktúra magas kezdeti költségekkel jár, azonban az összköltség így is versenyképes a hagyományos módszerekhez viszonyítva. A bioleaching további előnye, hogy a magas kezdeti költségek mellett, jelentős hasznot eredményez, az alumínium gyártás melléktermékeként keletkező veszélyes vörösiszap felhasználásával, emellett megkönnyíti a rekultiváció költséges folyamatát, ezzel csökkentve az alternatív költségeket.

Beruházási költségek (CAPEX)

Helyszín előkészítése: Az in-situ (helyben történő) kinyeréshez szükséges a zagyttározó kazetták lezárása a kontrollált környezet (hőmérséklet, nyomás) biztosítása érdekében. Emellett ki kell építeni az injektáló és kinyerő kutak rendszerét.

Technológiai infrastruktúra kiépítése: A bioreaktorok kialakítása, a szivattyúk, a levegőztető rendszerek, valamint az oldatból a fémeket kinyerő és elektrolízissel leválasztó berendezések kiépítése jelentős kezdeti költségvonzattal jár.

Kutatás és fejlesztés: A legfontosabb rejtett költség a laboratóriumi és fél-üzemi kísérletek finanszírozása. Minden zagyttározó összetétele egyedi, ezért optimalizálni kell a baktériumtörzseket, a tápoldat összetételét és a folyamat paramétereit (pH, hőmérséklet) a maximális kinyerési hatékonyság érdekében. Ez a szakasz idő- és költségigényes, de a későbbi jövedelmezőség kulcsa.

Működési költségek (OPEX)

Tápanyagok: Ahogy a Thompson és mtsai. (2017) által készített kutatás is rámutat, ez a legjelentősebb költségtényező, amely az összköltség akár 40-50%-át is kiteheti. A baktériumkultúrák fenntartásához szükséges szénforrás (jellemzően glükóz) folyamatos pótlása drága.

- Energia: A szivattyúk, a levegőztetés és az elektrolízis folyamatos villamosenergia-igénye a második legnagyobb tétel (kb. 10-15%).
- Munkaerő: Magasan képzett mérnökök és mikrobiológusok szükségesek a folyamat felügyeletéhez és irányításához.
- Karbantartás és egyéb díjak: A berendezések karbantartása, a közüzemi díjak és a környezetvédelmi monitoring (pl. vízminőség-ellenőrzés) szintén állandó kiadást jelentenek.

Hasznok és bevételek

1. Közvetlen bevételek (értékesítés): A legfőbb bevételi forrás a kinyert és tisztított nyersanyagok eladása.
 - Kritikus nyersanyagok (ritkaföldfémek): A projekt gazdasági motorja a szkandium és más ritkaföldfémek (cérium, lantán, ittrium) értékesítése. A szkandium rendkívül magas világpiaci ára (amely tisztaságától függően akár 3000-20000 USD/kg) miatt már alacsony, 1% alatti koncentrációban is jövedelmezővé teheti a kitermelést.

- Alapfémek: A vörösiszap hatalmas (40-45%-os) vastartalmának kinyerése magnetit formájában további jelentős bevételt biztosíthat az acélipar számára. A titán-dioxid pigmentként szintén értékesíthető.
2. Közvetett pénzügyi és stratégiai hasznok: Ezek a nehezebben számszerűsíthető, de legalább annyira fontos előnyök.
- Megtakarított rekultivációs költségek: A vörösiszap-tározók tájsebként és környezeti kockázatként vannak jelen. A hagyományos rekultiváció (pl. lefedés termőfölddel) hatalmas költséget jelent az állam számára. A biohidrometallurgiai hasznosítás ezt a költséges kötelezettséget egy profittermelő tevékenységgé alakítja át. A folyamat végén visszamaradó, megtisztított zagy már sokkal könnyebben és olcsóbban rekultiválható.
 - Nyersanyag-függetlenség: A kritikus nyersanyagok hazai forrásból történő előállításának csökkenti az ország kitétséget a volatilis világpiaci áraknak és a geopolitikai kockázatoknak. Ez nemzetstratégiai előnyt jelent.
 - Körforgásos gazdaság: A projekt tökéletes példája a körforgásos gazdaságnak, ahol egy veszélyes hulladékból értékes termék lesz. Ez javítja az ország és a résztvevő vállalatok "zöld" megítélését, és hozzáférést biztosíthat európai uniós vagy állami zöld fejlesztési forrásokhoz.
 - Technológiai export: Egy sikeresen működő hazai technológia komplett terméként és know-how-ként értékesíthető a világ számos más országába, ugyanis globálisan mintegy évi 150 millió tonna vörösiszap keletkezik. (Saveliev et al., 2024)

Jövedelmezőségi mérleg és konklúzió

A biohidrometallurgiai vörösiszap-hasznosítás közép- és hosszútávon jövedelmező befektetésnek ígérkezik, ennek ellenére fontos a BHM technológia időbeli és hatékonysági korlátait figyelembe venni.

A megtérülést leginkább befolyásoló tényezők:

- A nyersanyag-koncentráció: Minél magasabb a vörösiszap szkandium- és egyéb fémtartalma.
- A kitermelés hatékonysága: Az alkalmazott baktérium kultúrák milyen gyorsan és milyen arányban képesek kioldani a fémeket.
- A világpiaci árak: A kinyert fémek árfolyamának alakulása.
- A működési költségek optimalizálása: különösen az olcsóbb tápanyagok felkutatása.

A BHM technológiákkal történő vörösiszap hasznosítás jövedelmezősége, nagyban függ a kioldott fémes elemek mennyiségétől, hiszen a ritkaföldfémek és fémek együttes kioldása teszi lehetővé, hogy a vörösiszapot gazdaságosan hasznosítsák. Emellett talán a legpiacképebb megoldás az lenne, ha a vörösiszaptározók mellé, mástípusú bányameddőket és zagy tározókat is másodlagos nyersanyagforrásként, piaci alapon koncesszióba adnának. Thompson (2017) és társai kutatását figyelembe véve a koncessziós jogok kialakításánál magas és alacsonyabb jövedelmezőképességű meddőket kellene egy koncessziós csomagban kezelni. Például a recski bánya meddőhányói még jelentős mennyiségben tartalmaznak aranyat, amelyet hatékonyan ki lehet termelni biohidrometallurgia technológiával. (Fleit, 2018) A koncessziós jog magával vonná a rekultiváció köteleességét is, hogy a tájsebeket és ökológiai veszélyeket megszüntessék a cégek. Ezzel környezetbarát és profitorientált módon piaci alapon lehetne megszüntetni a bányászat kellemetlen velejáróját, nem kellene annyi állami forrást erre áldozni. Továbbá ezeknek a cégeknek kellene a monitoring tevékenységet végezni, melyet állami kompenzációval lehetne megfinanszírozni, hogy megérje a koncessziót megpályázni. Az állam

költségei így is jelentősen csökkennének, így egy kölcsönösen kedvező helyzet mellett a környezet is nyertese lenne ennek az üzleti folyamatnak. Összességében a projekt gazdasági logikája nem csupán a kinyert fémek értékén alapul, hanem azon a paradigmaváltáson, hogy egy sok milliárd forintos környezeti terhet és kockázatot egy profittermelő, stratégiai fontosságú nemzeti erőforrássá alakít át.

Irodalomjegyzék

Bay Zoltán Kutatóintézet. (2018). Ritkaföldfémek kinyerése és másodlagos nyersanyagok előállítása a vörösiszap komplex hasznosítása keretében. [online] Elérhető: <https://www.bayzoltan.hu/hu/2018/03/12/ritkafoldfemek-kinyerese-es-masodlagos-nyersanyagok-elollitasa-a-vorosizsap-komplex-hasznositasa-kereteben/> Letöltve: [2022. jún. 22.].

CRM Alliance. (2022). Scandium. [online] Elérhető: <https://www.crmalliance.eu/scandium> [Letöltve: 2022.jún. 12.].

Everts, S., (2022). [online] Elérhető: <https://cen.acs.org/articles/88/i43/Recycling-Red-Mud.html> Letöltve: [2022. jún. 22.].

Fleit E., (2018), Fémek visszanyerése hulladékokból biohidrometallurgiai módszerekkel. [TOX2018 MTT Tudományos konferencia] Elérhető: https://www.hungariantoxicologists.hu/wp-content/uploads/2019/01/C1-6_Fleit_E_tox2018.pdf Letöltve: [2025.09.12].

GINOP-2.2.1-15-2017-00106 projektzáró tájékoztató anyagai (2023) Székesfehérvár, Letölthető: <https://www.martinmetals.eu/kutatas-fejlesztes>

Gruber, Gy. (2010). Gruber Györgyné - Szabványos könnyűfémek és ötvözeteik jellemzői, alkalmazása | doksi.net. [online] Elérhető: <https://doksi.net/hu/get.php?lid=22793> Letöltve: [2022. jún. 22.].

Kiss I., (2018) Kritikus nyersanyag tartalmú ipari hulladékok biotechnológiai kezelése Hulladékkezelés újragondolva -Másodlagos nyersanyagok, mint stratégiai alapanyagok. [online] Elérhető: <https://imsys.hu/wp-content/uploads/sites/10/2018/06/Kritikus-nyersanyag-tartalm%C3%BA-ipari-hullad%C3%A9kok-biotechnol%C3%B3giai-kezel%C3%A9se-Dr.-Kiss-Istv%C3%A1n-el%C5%91ad%C3%A1sa.pdf> Letöltve: [2022. jún. 22.].

Korpics, B., (2022). A vörösiszap összetétele - Alumíniumkohászat-vörösiszap. [online] Elérhető: <https://sites.google.com/site/aluminiumesvorosiszap/a-voeroesiszap-oesszetetele> Letöltve: [2022. jún. 22.].

Kovács, B. (2018) A vörösiszap másodnyersanyagként történő hasznosításának lehetőségei Környezetmérnöki Szakmai Nap. [online] Elérhető: http://kti.rkk.uni-obuda.hu/files/csatolmany/dr.kovacs_balazs-vorosizsap_hasznositas.pdf Letöltve: [2022. jún. 22.].

Mácsai, C., (2014). Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar ritkaföldfémek bauxitból való kinyerésére vonatkozó technológiák összehasonlítása Mácsai Cecília litoszféra fluidum kutató laboratórium. [online] Elérhető: <https://edit.elte.hu/xmlui/bitstream/handle/10831/37811/MacsaiCecilia.pdf> Letöltve: [2025.09.12].

Mádainé Ü, V., Csík-Simon K., & Bokányi L. (2020). Új megközelítés a vörösiszap hasznosítására. In Fókuszban a hazai felszín alatti természeti erőforrások nyersanyagok, energia és technológiák nexusa (o. 104-112). ISBN 978-963-358-277-0. Letöltve: [2025.09.12].

Miskolci Egyetem (2011). Vörösiszap hasznosításának lehetőségei- possibilities of utilization of red mud. [online] 36(1), pp.35–48. Elérhető: <http://midra.uni-miskolc.hu/document/12567/4643.pdf>.

Pasechnik, L.A., Skachkov, V.M., Chufarov, A.Yu., Suntsov, A.Yu. and Yatsenko, S.P. (2021). High purity scandium extraction from red mud by novel simple technology. Hydrometallurgy, 202, p.105597. doi:10.1016/j.hydromet.2021.105597.

Poulin, R. and Lawrence, R.W. (1996). Economic and environmental niches of biohydrometallurgy. Minerals Engineering, 9(8), pp.799–810. doi:10.1016/0892-6875(96)00073-8.

Qi, Y. (2021). The neutralization and recycling of red mud – a review. Journal of Physics: Conference Series, 1759, p.012004. doi:10.1088/1742-6596/1759/1/012004.

Saveliev, S. G., Yarosh, T. P., Kondratenko, M. M., Babaievska, O. V., & Baboshko, D. Y. (2024). Current state and prospects of red mud utilisation: A review. IOP Conference Series Earth and Environmental Science, 1415(1), 012021. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1415/1/012021> Letöltve: [2025.09.12].

Thompson, V.S., Gupta, M., Jin, H., Vahidi, E., Yim, M., Jindra, M.A., Nguyen, V., Fujita, Y., Sutherland, J.W., Jiao, Y. and Reed, D.W. (2017). Techno-economic and Life Cycle Analysis for Bioleaching Rare-Earth Elements from Waste Materials. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 6(2), pp.1602–1609. doi:10.1021/acssuschemeng.7b02771.

Vachon, Pascale., Tyagi, R.D., Auclair, J.Christian. and Wilkinson, K.J. (1994). Chemical and biological leaching of aluminum from red mud. Environmental Science & Technology, 28(1), pp.26–30. doi:10.1021/es00050a005.

Wei, D., Jun-Hui, X., Yang, P., Si-Yue, S., Tao, C., Kai, Z. and Zhen, W. (2020). Extraction of Scandium and Iron from Red Mud. Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review, 43(1), pp.61–68. doi:10.1080/08827508.2020.1833195. Letöltve: 2025.09.12.

Előre jelezhető-e a magyar GDP?

BIRÓ Lóránt¹

DOI: [10.29180/978-615-6886-28-6_2](https://doi.org/10.29180/978-615-6886-28-6_2)

Absztrakt

Az adatok mennyiségének növekedésével – így van ez az idősorok esetében is – egyre nagyobb szerepe lesz a megbízható idősor-előrejelzési technikáknak. A klasszikus módszerek (pl. ARIMA, különböző simító eljárások stb.) mellett más megközelítésű módszerek is egyre nagyobb számban vannak jelen (neurális hálók, nemlineáris módszerek stb.). Azonban a módszerek kiválasztásától függetlenül érdemes megvizsgálni, hogy statisztikailag egyáltalán előre jelezhető-e az idősor értéke, vagyis mennyire véletlenszerű vagy determinisztikus az idősor viselkedése. E tulajdonság vizsgálatára bevált módszerek az ismétlődési diagram (*Recurrence Plot*, RP) és a hozzá kapcsolódó analízis (*Recurrence Quantification Analysis*, RQA), melyek olyan nem klasszikus idősorelemzési módszerek, amelyek akár nemlineáris dinamikus rendszerekkel és nem stacionárius rendszerekkel is működnek. Az elemzés során különféle indikátorok pl. ismétlődési ráta, determinizmus, valamint számos az ismétlődési diagramból számszerűsített értékek segítségével lehet vizsgálni és jellemezni az idősort, melyekből jelen tanulmányban az ismétlődési arányt (*Recurrence Rate*, RR%) és a determinizmus (*Determinism*, DET%) értékeit vizsgáljuk meg. Az indikátorok nemcsak az idősor teljes időtartamára számíthatók, hanem különböző ablakméretek használatával mozgóátlagként is, így az indikátorok változásai időbelileg követhetők. A választott idősor a magyarországi bruttó hazai termék (*Gross Domestic Product*, GDP) 1996 és 2024 közötti negyedéves volumenindexei voltak.

Kulcsszavak: GDP, ismétlődési diagram (*Recurrence Plot*), visszatérési analízis (*Recurrence Quantification Analysis*), idősor előrejelzés

Bevezetés

A klasszikus idősorelemzési technikák (leíró statisztika, ARIMA stb.) mellett a modern idősorelemzési technikák új megközelítést tesznek lehetővé. Ily módon lehetőség van a káosz előfordulásának vizsgálatára az idősorokon belül, mivel a determinisztikus káosz jelensége még egyszerű nemlineáris determinisztikus rendszerekben is megfigyelhető (Lorenz, 1993). A nemlineáris rendszerek alapvető jellemzőinek becslésére szolgáló technikákat különböző tudományterületeken nagy sikerrel alkalmazták (fraktál dimenziók, Ljapunov-exponensek, Kolmogorov-entrópia stb., Kantz & Schreiber, 2003). Az ismétlődési diagramok (*Recurrence Plot*, RP) Eckmann, Kamphorst és Ruelle által 1987-ben kidolgozott grafikus eszközök, amelyek a fázistér-rekonstrukción alapulnak (Eckmann et al., 1987). 1992-ben Zbilut és Webber (Zbilut & Webber, 1992) javasolták az RP-k statisztikai kvantifikálását, és a visszatérési analízis (*Recurrence Quantification Analysis*, RQA) nevet adták neki. Az RP és RQA technikák célja itt nem a káosz létezésének bizonyítása, hanem a nem stacionárius és zajos idősorok analízise (Zbilut et al., 1998), a mintázatban bekövetkező változások, különösen a törések, például a fázisátmenetek detektálása (Lambertz et al., 2000), valamint az idősorok egyéb dinamikus tulajdonságainak megismerése (Eckmann et al. 1987).

¹ Budapesti Gazdaságtudományi Egyetem, Nemzetközi Gazdálkodás Kar, biro.lorant@uni-bge.hu

Jelen munka célja a hazai GDP (*Gross Domestic Product*) vagyis bruttó hazai termék 1996 és 2024 közötti negyedéves volumenindex idősorának vizsgálata ismétlődési diagram és a visszatérési analízis módszereinek segítségével, melyek eredményeként választ kapunk arra a kérdésre, hogy mennyire determinisztikus, vagyis előre jelezhető-e az idősor.

Módszer és adat

Egy dinamikus rendszer, mint például a GDP idősor vizsgálata számos kihívást jelent, elsősorban a rendszerben részt vevő számos változó ismeretének hiánya miatt; a megoldás azonban a rendszer fázistér-rekonstrukciójában rejlik. Az egydimenziós idősorok fázistér-rekonstrukcióját Takens beágyazási tételének (1981) segítségével végezhető el, amely az (1) egyenlettel megadott időeltolódást becsüli egy m -dimenziós beágyazási fázistér és egy gondosan megválasztott τ időeltolódás felhasználásával.

$$X^m(t) = [x(t), x(t+\tau), \dots, x(t+(m-1)\tau)] \quad (1)$$

Egy megfelelő beágyazási dimenzió (m) megadja egy dinamikus rendszer tulajdonságait, és megőrzi annak topológiai geometriáját a fázistér rekonstrukciója során. Az adatok túl kicsi vagy túl nagy beágyazása hamis ismétlődési értékhez és helytelen geometriai reprezentációhoz vezet (Marwan et al., 2007). Az időbeli késleltetéseket τ a kölcsönös információs (*Mutual Information*, MI) függvény első minimumából számítható ki (Fraser & Swinney 1986). A minimálisan elegendő beágyazási dimenzió a hamis legközelebbi szomszéd módszerével (*False Nearest Neighbor*, FNN) becsülhető (Kennel et al., 1992) mégpedig úgy, hogy ha a hamis legközelebbi szomszédok százalékos aránya nullára csökken, abban a pontban mért beágyazási dimenzió lesz az optimális.

Az Eckmann és munkatársai (1987) által bevezetett ismétlődési diagramok tulajdonképpen az állapotok visszatéréseinek négyzetes mátrixban történő megjelenítései, amelyben a mátrixelemek megfelelnek azoknak az időpontoknak, amikor egy dinamikus rendszer állapota visszatér (az oszlopok és sorok egy bizonyos időpontpárnak felelnek meg). Egy állapot visszatérését tehát az i és j időpontban egy fekete pont jelöli az i, j koordinátáknál. Mátrixról lévén szó, a visszatérési diagramnak van egy fekete főátlója, amelyet egységvonalnak nevezünk. Tehát, ha az (i, j) pontot visszatérőnek jelöljük, vagyis a j állapot az i középpontú, ϵ méretű környezetéhez tartozik; ez azt jelenti, hogy a rendszer állapota az i időpontban valamilyen „hasonlóságot” mutat a rendszer j időpontbeli állapotával, más szóval azt mondhatjuk, hogy a rendszer közeli „pályákon” marad.

Az eredeti koncepció kiterjesztése és kvantitatívabbá tétele érdekében Zbilut és Webber (1992) kidolgoztak egy visszatérési analízisnek (RQA) nevezett módszertant, melynek eredményeként számos változót határoztak meg az ismétlődések, visszatérések számszerűsítésére, amelyek a következők:

- Ismétlődési arány (RR%) az ismétlődő pontok százalékos aránya, vagyis az ismétlődő állapotok (fekete pixelek) aránya az összes lehetséges állapothoz képest.
- Determinizmus (DET%) az átlós vonalszerkezetekkel párhuzamos vonalszakaszokat alkotó ismétlődő pontok százalékos aránya.
- Az átlagos átlós vonalhossz (L) azt az időtartamot jelzi, amely alatt egy állapot nem változik, vagy nagyon lassan változik.
- A leghosszabb átlós vonalhossz (LMAX) a főátlóval párhuzamosan mért leghosszabb vonalszakasz. Egy periodikus jel hosszú vonalszakaszokat hoz létre, míg a rövid vonalak káoszt vagy véletlenszerűséget jeleznek.
- A divergencia (DIV) a főátlóval párhuzamosan mért leghosszabb átlós szakasz inverzeként definiálható. Megmutatja, hogy a párhuzamos pályák milyen gyorsan térnek el egymástól. Minél rövidebb a leghosszabb vonal, annál divergensebbek lesznek a pályák.

- Az átlós vonalak entrópiája (LENTR) a főátlóval párhuzamos vonalszakaszok hosszának eloszlásának Shannon-entrópiája. Ha alacsony a rendszer entrópiája, akkor kevés információra van szükség a rendszer leírásához, ezzel szemben a magas entrópia azt jelzi, hogy sok információra van szükség. A magas entrópia a periodikus viselkedésre jellemző, míg az alacsony entrópia kaotikus viselkedésre utal.
- A laminaritás (LAM) a visszatérő pontok azon százalékos aránya, amelyek függőleges vagy vízszintes vonalszakaszokat alkotnak.
- Csapdázási idő (TT) azt az átlagos időt becsüli, amely alatt a rendszer egy adott állapotban van.
- Leghosszabb függőleges vonalhossz (VMAX) a leghosszabb időszak, amely alatt egy rendszer hasonló állapotban marad.

A módszertan független az idősor méretétől, annak stacionárius vagy instacionárius tulajdonságától, valamint az adatok eloszlásától, így az elemzés nemcsak az idősor teljes időtartamára, hanem adott ablakmérettel is elvégezhető. Ennek eredményeképpen az egyes RQA értékek időbeli alakulásáról is információt kapunk, melyek egyben a rendszer időbeli változásait is mutatják, vagyis mennyire determinisztikusan vagy véletlenszerűen viselkedik a rendszer egy adott időpontban.

A fent leírt értékeket a Python (3.10.9) programozási nyelven futó Jupyter Notebook (6.5.2) környezetben számítottam ki. A beágyazási dimenziókat és késleltetéseket a NoLiTSA modul (Mannattil et al., 2017), az RQA elemzést a PyRQA modul (Rawald, 2018), a rekurziós diagramokat pedig a RECLAC (Braun et al., 2021) modul segítségével végeztem el.

A vizsgált idősor adatai a Központi Statisztikai Hivatal hivatalos honlapjáról¹, melyek a bruttó hazai termék szezonálisan és naptárhatással kiigazított és kiegyensúlyozott negyedéves volumenindexei (előző év azonos időszaka=100,0%) voltak. Az időtartamot tekintve az idősor 1996. év I. negyedévéől 2024. év IV. negyedévéig tartó 29 évet ölel fel, amely 116 volumenindexet jelent, ahogy az első ábrán is látható.



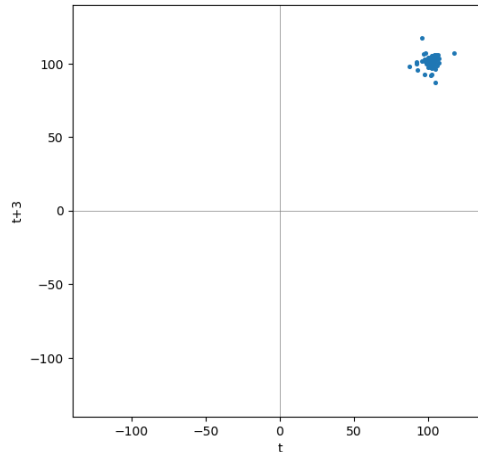
1. ábra: A bruttó hazai termék (GDP) negyedéves, szezonálisan és naptárhatással kiigazított, kiegyensúlyozott volumenindexei (előző év azonos időszaka=100,0%)

Forrás: Saját szerkesztés

¹ https://www.ksh.hu/stadat_files/gdp/hu/gdp0086.html, letöltés 2025. 06. 01.

Eredmények

A vizsgálat első lépéseként kiszámítottam a beágyazási dimenziókat (m) és a késleltetéseket (τ). Ezek alapján a negyedéves GDP idősor beágyazási dimenziója, a teljes időtartamra vonatkozóan $m=3$, és az optimális késleltetés is $\tau=3$. Az idősor értékei a késleltetés értékével eltolva láthatók a második ábrán, amely alapján fontos információkat kapunk a rendszer dinamikájáról.



2. ábra: A bruttó hazai termék (GDP) negyedéves, szezonálisan és naptárhatással kiigazított, kiegyensúlyozott volumenindexeinek (előző év azonos időszaka=100,0%) visszatérési leképezése ($\tau=3$)

Forrás: Saját szerkesztés

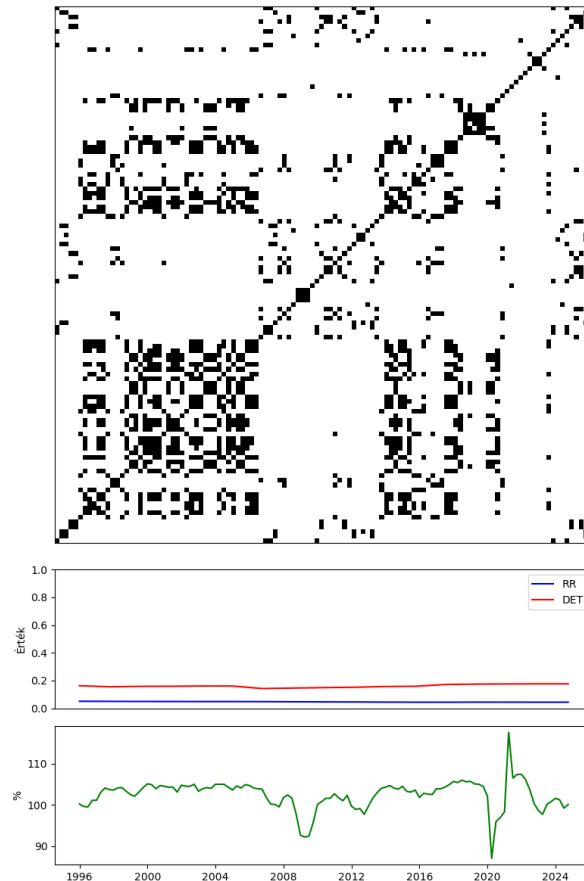
A beágyazási dimenzió (m) és a késleltetés (τ) értékeinek felhasználásával elvégeztem a visszatérési analízist (RQA), melynek eredményeképpen az első táblázatban látható értékeket kaptam.

1. táblázat: A bruttó hazai termék (GDP) negyedéves, szezonálisan és naptárhatással kiigazított, kiegyensúlyozott volumenindexeinek (előző év azonos időszaka=100,0%) visszatérési analízis értékei

Forrás: Saját szerkesztés

Ismétlődési arány (RR%)	Determinizmus (DET%)	Átlagos átlós vonalhossz (L)	Leghosszabb átlós vonalhossz (LMAX)	Divergencia (DIV)	Átlós vonalak entrópiája (LENTR)	Laminaritás (LAM)	Csapidázási idő (TT)	Leghosszabb függőleges vonalhossz (VMAX)
0,02	0,13	2,00	2,00	0,50	0,00	0,23	2,00	2,00

Az ismétlődési arány (RR%) és a determinizmus (DET%) időbeli változásának vizsgálatára kiszámítottam az értékek 100-as mozgó ablakkal és 1-es lépésközzel számolt értékeit is, melynek eredményeképpen az RR%, valamint a DET% értéke is időben állandónak tekinthető – ahogyan a harmadik ábrán is látható.



3. ábra: A bruttó hazai termék (GDP) negyedéves, szezonálisan és naptárhatással kiigazított, kiegyensúlyozott volumenindexeinek (előző év azonos időszaka=100,0%) ismétlődési diagramja, valamint ismétlődési arány és determinizmus mozgó értékei.
 Felső ábra: visszatérési diagram, középső ábra: ismétlődési arány (RR%) és a determinizmus (DET%) mozgó ablakkal számolt értékei, alsó ábra: eredeti idősor.
 Beágyazási paraméterek: beágyazási dimenzió=3, késleltetés=3, ablakméret=100, lépésköz=1.

Forrás: Saját szerkesztés

Diszkusszió

A bruttó hazai termék (GDP) idősorának beágyazási dimenziója alapján a negyedéves értékek változását 3 folyamat okozza, amelyek alatt klasszikusan a fogyasztás, beruházás és az export-import különbségét is érthetjük. Az időbeli késleltetéssel ábrázolt értékek grafikonján – azaz a második ábra bal oldalán – a negyedéves volumenindexek a jobbfelső negyedben található (mivel indexekről van szó, így csak pozitív értékek találhatóak), azonban nem látható semmilyen mintázat, amely általában teljesen véletlenszerű folyamatra jellemző. A harmadik ábrán látható visszatérési diagram alapján nem látható periodikusan visszatérő mintázat (ebben az esetben rácshálózatot kellene látni), azonban a fekete pontok nem töltik ki egyenletesen a teret (nem szóródnak egyenletesen). A diagramon látható mintázat hasonló a véletlen bolyongás mintázatához, amely tiszta sztochasztikus folyamat eredménye. Az első táblázatban az RQA analízis során számított lévő értékek hasonlóan értelmezhetők, minden érték a determinizmus „ellentétét” jelzi. Tehát az értékek olyan tartományokban vannak, amelyek a legkisebb determinizmust is elutasítják, így az értékek alapján a vizsgált idősor értékei tisztán sztochasztikus folyamatok eredményei.

Fontos megemlíteni, hogy a káosz egyik jellemzője, hogy a sztochasztikus rendszerek is rendelkezhetnek kismértékű determinizmussal (a vizsgált GDP idősor DET% értéke átlagosan 13%, amely az idő során nemigen változik). Az alkalmazott módszerek (RP, RQA) leginkább a sztochasztikus-determinisztikus rendszerek megkülönböztetésére alkalmasak, egyrészt az RP-n látható minta, másrészt az RQA paraméterek értékei alapján. Saját, eddig nem publikált tapasztalataim alapján – több mint 50 különböző típusú (meteorológiai, karsztvízszint, árfolyam, vércukorszint, GDP, különböző zajtípusok függvényei, szinusz függvény stb.) hosszú távú idősor – a determinisztikus (függvényszerű) és sztochasztikus (zaj) rendszerek a második táblázatban látható értékekkel jellemezhetők.

2. táblázat: A determinisztikus és a sztochasztikus idősorok RQA paraméterei

Forrás: Saját szerkesztés

RQA paraméter	Determinisztikus	Sztochasztikus
Ismétlődési arány (RR%)	<0,5	~0
Determinizmus (DET%)	~1	<0,5
Átlagos átlós vonalhossz (L)	>10	~2
Leghosszabb átlós vonalhossz (LMAX)	>1000	<10
Divergencia (DIV)	<0,001	>0,1
Átlós vonalak entrópiája (LENTR)	>3	<1
Laminaritás (LAM)	~1	~0
Csapdázási idő (TT)	>60	~2
Leghosszabb függőleges vonalhossz (VMAX)	>100	<5

Összefoglalva az eredményeket, a bruttó hazai termék (GDP) negyedéves, szezonálisan és naptárhatással kiigazított, kiegyensúlyozott volumenindexeinek (előző év azonos időszaka=100,0%) idősora az RP és RQA vizsgálatok alapján sztochasztikus idősoroknak tekinthető a teljes időszakra vonatkozóan. Ebből kifolyólag klasszikus előrejelzési technikákkal nem igazán jelezhető előre, csak valószínűségi alapokon (pl. eloszlásvizsgálat) lehet megbecsülni a GDP negyedéves értékeinek alakulását.

Irodalomjegyzék

Braun, T., Unni, V. R., Sujith, R. I., Kurths, J., Marwan, N. 2021. *Detection of dynamical regime transitions with lacunarity as a multiscale recurrence quantification measure*, *Nonlinear Dyn* 104, 3955–3973. <https://doi.org/10.1007/s11071-021-06457-5>

Eckmann, J. P., Kamphorst, S. O., Ruelle, D. 1987. *Recurrence Plot of dynamical system*, *Europhys Lett* 4, 973-977. <https://doi.org/10.1209/0295-5075/4/9/004>

Fraser, A. M., Swinney, H. L. 1986. *Independent coordinates for strange attractors from mutual information*, *Physical Review A*, 33, 1134-1140. <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.33.1134>

Kantz, H., Schreiber, T. 2003. *Nonlinear time series analysis*, Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511755798>

Kennel, M. B., Brown, R., Abarbanel, H. D. I., 1992. *Determining embedding dimension for*

phase space reconstruction using a geometrical reconstruction, Phys Rev A, 45/2, 3403-3411.
<https://doi.org/10.1103/physreva.45.3403>

Lambertz, M., Vandenhouten, R. Grebe, R., Langhorst, P. 2000. *Phase transition in the common brainstem and related systems investigated by nonstationary time series analysis*, Journal of the Autonomic Nervous System 78, 141-157.
[https://doi.org/10.1016/s01651838\(99\)00072-7](https://doi.org/10.1016/s01651838(99)00072-7)

Lorenz, H. W. 1993. *Nonlinear Dynamical Equation and Chaotic Economy*, Springer, Berlin.
<https://doi.org/10.1007/978-3-642-78324-1>

Mannattil, M., Pandey, A., Verma, M. K., Chakraborty, S. 2017. *On the applicability of low dimensional models for convective flow reversals at extreme Prandtl numbers*. Eur. Phys. J. B, 90, 259. <https://doi.org/10.1140/epjb/e2017-80391-1>

Marwan, N., Romano, M.C., Thiel, M., Kurths, J. 2007 *Recurrence plots for the analysis of complex systems*, Physics Reports, 438, 237-329.<https://doi.org/10.1016/j.physrep.2006.11.001>

Rawald, T., 2018. *Scalable and Efficient Analysis of Large High-Dimensional Data Sets in the Context of Recurrence Analysis*, PhD Thesis, Humboldt-Universität zu Berlin, 299 p.

Takens, F. 1981 *Detecting strange attractors in turbulence*. In D. A. Rand and L.-S. Young (ed.). *Dynamical Systems and Turbulence*, Lecture Notes in Mathematics, 898, Springer-Verlag, 366-381. <https://doi.org/10.1007/bfb0091924>

Zbilut, J. P., Webber, C. L. 1992. *Embedding and delays as derived from quantification of Recurrence Plot*, Phys Lett A, 171, 199-203. [https://doi.org/10.1016/0375-9601\(92\)90426-m](https://doi.org/10.1016/0375-9601(92)90426-m)

Zbilut, J. P., Webber, C. L., Giuliani, A. 1998. *Detecting deterministic signals in exceptionally noisy environments using cross recurrence quantification*, Phys Lett A, 246, 122-128.
[https://doi.org/10.1016/s0375-9601\(98\)00457-5](https://doi.org/10.1016/s0375-9601(98)00457-5)

Proposal for an International AI Governance Organisation to Prevent Catastrophic AI Outcomes

Judit BAYER¹

DOI: [10.29180/978-615-6886-28-6_3](https://doi.org/10.29180/978-615-6886-28-6_3)

Abstract

In light of escalating geopolitical tension and accelerating artificial intelligence (AI) developments, this article will argue for the formation of an *International AI Governance Organisation* spearheaded by the European Union. The organisation's core mission will be the prevention of catastrophic outcomes from Artificial General Intelligence (AGI) or autonomous AI as well as rogue use of frontier AI systems including existential threats to humanity. The EU will be suggested as a natural leader given its strong regulatory legacy and global credibility. Positioning AI as a *shared security risk* – not merely a matter of innovation or competitiveness – the paper will argue for a narrow mandate focused solely on frontier risks. This mandate will aim to foster global consensus, and transcending value-laden ethical conflicts. Drawing on comparative insights from organisations such as the Internet Corporation for Assigned Names and Numbers (ICANN), the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), the International Atomic Energy Agency (IAEA) and the World Trade Organisation (WTO), the article will lay out the institutional design of the proposed *International AI Governance Organisation* as a multistakeholder body comprising states, industry, researchers, and civil society. Equal representation will balance geopolitical power with technical and public interest input. Crucially, the paper will introduce application-programme-interface-level governance as a novel, artificial bottleneck and enforceable policy lever. In addition, the study will argue that transparency, traceability, and ethical use of frontier AI systems can be achieved via controlled application-programme-interface (API) access. In parallel, the article will explore the feasibility of creating a new ICANN-backed top-level domain (.aiapi) for licenced APIs, mirroring domain name system governance mechanisms to enhance oversight. The article will discuss that this approach could sidestep traditional enforcement weaknesses demonstrated by international law through leveraging functional chokepoints rather than sovereign coercion. It will also identify potential risks – especially organisational capture – and offer mitigation strategies through institutional checks, transparency, and civil society oversight. Finally, the study will position the proposed organisation not only as an urgent necessity but also as a strategic opportunity for the EU to exercise global leadership in shaping a cooperative AI future.

Keywords: AI governance, AI safety, global cooperation, multistakeholder, Brussels Effect

Introduction: From Mutual Suspicion to Collective Survival

The emerging global artificial intelligence (AI) landscape is defined by uncertainty, mistrust, and accelerating technological capabilities. Despite this volatile terrain, this paper argues that it is both possible and essential to establish a new international governance framework – *the International AI Governance Organisation (IAIGO)* – with the explicit aim of preventing catastrophic outcomes from AI, particularly AGI (Artificial General Intelligence) or autonomous AI systems.

¹ BGE, Kommunikáció tanszék, egyetemi docens, ORCID: 0000-0003-0558-807X, bayer.judit@uni-bge.hu

The urgency arises from the increasing fragmentation of international relations and the absence of a central authority capable of coordinating global action. The threat landscape is no longer theoretical: AI misuse, strategic disinformation, military automation, and rogue actor deployments all contribute to a real risk of existential harm. Unlike nuclear threats, AI development is decentralized and fast-moving, which makes the comparison to traditional state-centred regulatory regimes like the International Atomic Energy Agency (IAEA) only partially valid.

IAIGO is envisioned not as a comprehensive ethical framework or a replacement for a national regulation, but as a minimalist but enforceable institution with a *narrow mandate*, i.e. to prevent global catastrophe stemming from advanced AI misuse. This scope is deliberately minimal to foster participation across geopolitical divides.

Institutional Models and Lessons for IAIGO

To build IAIGO, the paper undertakes a comparative analysis of existing international organizations with varied mandates, enforcement powers, and governance models. Four institutions – the Internet Corporation for Assigned Names and Numbers (ICANN), the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), the International Atomic Energy Agency (IAEA) and the World Trade Organisation (WTO) – were selected from a wide range of international institutions in the initial sample to represent various multistakeholder and intergovernmental models.

ICANN’s management of domain names and internet infrastructure offers a precedent for technical coordination through private contracts, while IEEE demonstrates the power of consensus-based standard-setting. The IAEA draws on lessons from international monitoring and escalation procedures in high-risk domains, while the WTO illustrates how enforcement mechanisms can be grounded in treaty-backed dispute settlement systems with practical economic leverage. The analysis reveals that legitimacy, flexibility, and enforceability often trade off against one another. Those organizations that are fast-moving and adaptive tend to lack coercive powers, while those with enforcement tools frequently suffer from politicization and inefficiency. IAIGO must therefore adopt a hybrid structure that balances legitimacy from state participation with operational agility derived from technical experts, industry actors, and civil society.

Narrow Mandate, Wide Reach

The paper makes a compelling case for a minimalist mandate: IAIGO should focus solely on avoiding catastrophic outcomes from AI including AGI misuse or failure. This tightly scoped objective is essential for achieving consensus among actors with vastly different political, ethical, and economic worldviews. The mandate excludes divisive issues such as privacy, bias, or market regulation – important as they are – because global agreement on such topics remains elusive. Instead, IAIGO would limit itself to promoting transparency, traceability, and pre-deployment risk mitigation for advanced AI systems capable of causing massive harm. Such a narrowly focused goal increases the political viability of the institution while laying the groundwork for further cooperative frameworks. Over time, IAIGO could serve as a platform for developing auxiliary branches and working groups focused on ethics, human rights, or data governance. Still, the initial function of IAIGO must remain pragmatically restrained.

To ground the proposal in real-world institutional logic, the paper compares IAIGO’s potential structure to four existing international bodies.

Table 1. *Classification of selected international organisations based on mandate, constituency, enforcement and normative influence*

Source: *author*

Institution	Mandate	Constituency	Enforcement	Normative Influence
ICANN	Manage Internet identifiers	Multi-stakeholder	Contract-based	High (Internet architecture)
IEEE	Technical standards	Engineers, researchers	Voluntary	High (industry-wide)
IAEA	Nuclear safety	States (UN)	Monitoring & UN escalation	High (nuclear sector)
WTO	Trade regulation	States	Binding legal system	High (global trade)

IAIGO draws on this mixed architecture, and aspires to balance the legitimacy and oversight of states with the expertise and operational capability of private actors.

Multistakeholder Composition and Governance Model

IAIGO’s legitimacy would derive from its global inclusiveness and its structured balance of power between the different actor types: states, corporations, researchers, and civil society. The organisation is envisioned as a multistakeholder network with a central node and decentralized working arms – capable of rapid technical response and global norm articulation.

The inclusion of states is crucial for institutional credibility and enforcement. At the same time, corporate actors provide the technical infrastructure and deployment pathways that no intergovernmental body can access on its own. Civil society ensures normative balance and public accountability, while researchers inject frontier-relevant expertise into both rulemaking and crisis management.

Two operative substructures – a Rapid-Response Operative Body (RROB) and a Scientific Crisis Board – would enable IAIGO to act swiftly when signs of AGI misalignment, dangerous deployment, or malicious use emerge. Unlike traditional intergovernmental bodies that take months or years to reach decisions, these units could convene within hours, incorporating real-time input from national authorities and scientific advisors.

Decision-Making and Layered Agreements

The foundational charter would be limited to a brief, culturally neutral set of commitments – the IAIGO Principles – in connection with transparency, non-malicious deployment, and minimal standards for AGI risk mitigation. These principles would form the legal and normative backbone of the institution and would serve as the conditions for participation and continued recognition within the global AI ecosystem.

To support regional diversity and interoperability, IAIGO would also facilitate second-layer agreements between regional actors or industry sectors. These conventions would allow differentiated standards to emerge within broader technical compatibility frameworks. For example, the EU or ASEAN could establish more ambitious norms under the IAIGO umbrella, while remaining interoperable with global standards on traceability and accountability.

Working groups and technical committees, modelled after IEEE and ICANN, would draft and maintain evolving policy instruments in response to technological development. This two-tiered architecture ensures that IAIGO remains grounded in a minimal consensus while enabling dynamic expansion through voluntary alignment and technical integration.

Enforceability through Technical Bottleneck

Recognizing the failure of traditional international law to enforce compliance in fast-moving technological domains reliably, it was found that control over a technical bottleneck, or gatekeeping is the most secure way to ensure consistent compliance without political exceptions.

This article proposes a novel approach to effective supervision: governance through API (Application Programme Interface). Controlling API access points can serve as a novel, enforceable policy lever and an artificial bottleneck, which ensures transparency, traceability, and the ethical use of frontier AI systems. API access already serves as a natural chokepoint in the AI ecosystem. Leading companies such as OpenAI, Google, and Anthropic regulate use through contractual terms that prohibit deployments for military, surveillance, or disinformation purposes. IAIGO would extend this logic by establishing a centralized registry or licensing system for APIs that are used to access or deploy high-risk models. Violation of IAIGO principles would lead to removal from the registry, revocation of access keys, or inclusion on a public list of non-compliant actors. Because powerful models are increasingly hosted via APIs rather than being downloaded as software, this creates a real and scalable enforcement mechanism that does not require state-based coercion or legal sanctions. The limitations of governance through API are also explored: such as bypass via unregistered APIs, closed-loop deployments, cloning API, and regulatory capture. Additional limitations include ongoing AI risks posed by narrow AI systems.

To further strengthen enforceability and visibility, the paper proposes the creation of a dedicated top-level domain (.aiapi) in collaboration with ICANN. APIs used to access high-risk models would be registered under this domain and would be subject to IAIGO certification and ongoing compliance. This would mirror ICANN's approach to coordinating global internet infrastructure through domain name contracts and root server oversight. The .aiapi domain would serve both a symbolic and practical function: signalling compliance to users, enabling automated oversight tools, and offering a reputational incentive for participation. While not all AI APIs could be captured under such a scheme – particularly those used in private, closed-loop systems –, the public visibility and reputational pressure attached to the domain would be sufficient to create a new standard of transparency and auditability in AI deployment.

Role of the EU: Seeding the Initiative

The European Union is uniquely situated to launch and legitimize IAIGO. As a global regulatory actor, the EU has already demonstrated its capacity to set norms beyond its borders, most notably through the General Data Protection Regulation (GDPR) and the Digital Markets

Act and – somewhat hesitantly – by the AI Act. In the context of AI, the EU has both the institutional apparatus and the normative ambition to serve as the initiator of IAIGO. Unlike the United States, whose trust deficit in multilateral forums has grown, or China, whose governance models face ideological resistance, the EU retains the diplomatic neutrality and internal diversity to foster trust across geopolitical divides.

Crucially, the EU's role in seeding IAIGO is not about exporting its values in a wholesale manner. The proposal explicitly warns against embedding culturally divisive principles – such as privacy or content regulation – into IAIGO's founding charter. Instead, the EU would convene global actors around a minimalist mission: preventing global catastrophe. In doing so, it reinforces its role as a steward of international norms in the digital age, while safeguarding humanity's collective future.

Risk Management and Institutional Integrity

The success of IAIGO will depend not only on its technical tools and diplomatic strategies, but also on its internal integrity and resilience against capture. This paper identifies multiple capture risks: dominance by powerful state actors, entrenchment of leading AI corporations, and structural exclusion of smaller nations or civil society voices. To mitigate these issues, IAIGO must implement layered accountability. Transparency is foundational: decision-making processes, stakeholder influence, audit results, and enforcement actions must all be publicly visible and subject to independent review. The same visibility that powers reputational incentives can also check backroom deals and undue influence. Second, the organisation must be structurally pluralistic. No single actor type should dominate the decision pipeline. States must retain veto power over foundational standards but not over technical enforcement; corporations must co-regulate APIs but not unilaterally define risk categories; civil society must participate not merely as a symbolic presence but as a source of counterbalance and normativity. Third, contestability mechanisms must be built into IAIGO's operational design. These include rotating seats, open nomination of working group members, appeal rights for stakeholders, and public comment periods for key decisions. These features ensure that IAIGO evolves alongside technological and political realities rather than ossifying into a cartel of early adopters.

Conclusion: Realism Without Paralysis

The IAIGO proposal is ambitious but rooted in institutional realism. It does not call for a universal treaty, a single global regulator, or a halt to innovation. Instead, it proposes a practical, enforceable governance structure focused solely on catastrophic AI risks using multistakeholderism, technical enforcement, and minimalist consensus. The use of API access as a regulatory lever is one of the few feasible options in a fragmented international order. By building upon existing contractual ecosystems and digital chokepoints, IAIGO sidesteps the need for state coercion or treaty ratification while still creating real incentives for compliance. Ultimately, the value of IAIGO is not only in preventing catastrophe but in demonstrating that proactive, anticipatory governance is still possible in the digital age. It is a model of what global cooperation could look like: lean, legitimate, enforceable and future-facing.

References

- 5 Best Practices for API Governance in 2025 - API7.Ai. '5 Best Practices for API Governance in 2025 - API7.Ai'. Accessed 29 September 2025. <https://api7.ai/blog/api-governance-best-practices-2025>.
- 'AI 2027'. Accessed 24 September 2025. <https://ai-2027.com/slowdown>.
- AIMultiple. 'When Will AGI/Singularity Happen? 8,590 Predictions Analyzed'. Accessed 24 September 2025. <https://research.aimultiple.com/artificial-general-intelligence-singularity-timing/>.
- Almeida, Patricia Gomes Rêgo de, Carlos Denner dos Santos, and Josivania Silva Farias. 'Artificial Intelligence Regulation: A Framework for Governance'. *Ethics and Information Technology* 23, no. 3 (2021): 505–25. <https://doi.org/10.1007/s10676-021-09593-z>.
- Almeida, Patricia, Carlos Santos, and Josivania Silva Farias. 'Artificial Intelligence Regulation: A Meta-Framework for Formulation and Governance'. Paper presented at Hawaii International Conference on System Sciences. 2020. <https://doi.org/10.24251/HICSS.2020.647>.
- 'America's Reputation Drops across the World | Ipsos'. 17 April 2025. <https://www.ipsos.com/en/americas-reputation-drops-across-the-world>.
- 'Archive.Icann.Org/En/Structure/Structure-Map.Htm'. Accessed 24 September 2025. <https://archive.icann.org/en/structure/structure-map.htm>.
- Batool, Amna, Didar Zowghi, and Muneera Bano. 'AI Governance: A Systematic Literature Review'. *AI and Ethics* 5, no. 3 (2025): 3265–79. <https://doi.org/10.1007/s43681-024-00653-w>.
- Batool, Amna, Didar Zowghi, and Muneera Bano. *Responsible AI Governance: A Systematic Literature Review*. Version 1. arXiv, 2024. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2401.10896>.
- Bradford, Anu, R. Daniel Kelemen, and Tommaso Pavone. 'Europe Could Lose What Makes It Great'. *Foreign Affairs*, 21 April 2025. <https://www.foreignaffairs.com/europe/europe-could-lose-what-makes-it-great>.
- Cihon, Peter, Matthijs M. Maas, and Luke Kemp. 'Fragmentation and the Future: Investigating Architectures for International AI Governance'. *Global Policy* 11, no. 5 (2020): 545–56. <https://doi.org/10.1111/1758-5899.12890>.
- Cihon, Peter, Matthijs M. Maas, and Luke Kemp. 'Fragmentation and the Future: Investigating Architectures for International AI Governance'. *Global Policy* 11, no. 5 (2020): 545–56. <https://doi.org/10.1111/1758-5899.12890>.
- Cihon, Peter, Matthijs M. Maas, and Luke Kemp. 'Should Artificial Intelligence Governance Be Centralised? Design Lessons from History'. *Proceedings of the AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society* (New York, NY, USA), AIES '20, Association for Computing Machinery, 7 February 2020, 228–34. <https://doi.org/10.1145/3375627.3375857>.

Cihon, Peter, Jonas Schuett, and Seth D. Baum. 'Corporate Governance of Artificial Intelligence in the Public Interest'. *Information* 12, no. 7 (2021): 275. <https://doi.org/10.3390/info12070275>.

Coen, David, Julia Kreienkamp, Alexandros Tokhi, and Tom Pegram. 'Making Global Public Policy Work: A Survey of International Organization Effectiveness'. *Global Policy* 13, no. 5 (2022): 656–68. <https://doi.org/10.1111/1758-5899.13125>.

De Almeida, Patricia Gomes Rêgo, Carlos Denner Dos Santos, and Josivania Silva Farias. 'Artificial Intelligence Regulation: A Framework for Governance'. *Ethics and Information Technology* 23, no. 3 (2021): 505–25. <https://doi.org/10.1007/s10676-021-09593-z>.

Erdélyi, Olivia J., and Judy Goldsmith. 'Regulating Artificial Intelligence: Proposal for a Global Solution'. *Government Information Quarterly* 39, no. 4 (2022): 101748. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2022.101748>.

Erdélyi, Olivia J., and Judy Goldsmith. 'Regulating Artificial Intelligence: Proposal for a Global Solution'. *Proceedings of the 2018 AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society*, ACM, 27 December 2018, 95–101. <https://doi.org/10.1145/3278721.3278731>.

Ingersleben-Seip, Nora von. 'Competition and Cooperation in Artificial Intelligence Standard Setting: Explaining Emergent Patterns'. *Review of Policy Research* 40, no. 5 (2023): 781–810. <https://doi.org/10.1111/ropr.12538>.

Kerry, Cameron F., Joshua P. Meltzer, Andrea Renda, and Andrew W. Wyckoff. 'Network Architecture for Global AI Policy | Brookings'. Think Tank. Brookings, 10 February 2025. <https://www.brookings.edu/articles/network-architecture-for-global-ai-policy/>.

Khalid, Asma. 'Biden and Xi Take a First Step to Limit AI and Nuclear Decisions at Their Last Meeting'. Politics. *NPR*, 16 November 2024. <https://www.npr.org/2024/11/16/nx-s1-5193893/xi-trump-biden-ai-export-controls-tariffs>.

Koniakou, Vasiliki. 'From the "Rush to Ethics" to the "Race for Governance" in Artificial Intelligence'. *Information Systems Frontiers* 25, no. 1 (2023): 71–102. <https://doi.org/10.1007/s10796-022-10300-6>.

Mecklin, John. 'Why the IAEA Model May Not Be Best for Regulating Artificial Intelligence'. *Bulletin of the Atomic Scientists*, 9 June 2023. <https://thebulletin.org/2023/06/why-the-iaea-model-may-not-be-best-for-regulating-artificial-intelligence/>.

'Network Architecture for Global AI Policy | Brookings'. Accessed 29 September 2025. <https://www.brookings.edu/articles/network-architecture-for-global-ai-policy/>.

Pasquale, Frank. 'From Territorial to Functional Sovereignty: The Case of Amazon'. *LPE Project*, 6 December 2017. <https://lpeproject.org/blog/from-territorial-to-functional-sovereignty-the-case-of-amazon/>.

'Root Zone Management'. Accessed 29 September 2025. <https://www.iana.org/domains/root>.

Sommerer, Thomas, Theresa Squatrito, Jonas Tallberg, and Magnus Lundgren. 'Decision-Making in International Organizations: Institutional Design and Performance'. *The Review of International Organizations* 17, no. 4 (2022): 815–45. <https://doi.org/10.1007/s11558-021-09445-x>.

Taeihagh, Araz. 'Governance of Artificial Intelligence'. *Policy and Society* 40, no. 2 (2021): 137–57. <https://doi.org/10.1080/14494035.2021.1928377>.

Tegmark, Max. *Life 3.0*. Unabridged. Random House, Inc., 2017.

Veale, Michael, Kira Matus, and Robert Gorwa. 'AI and Global Governance: Modalities, Rationales, Tensions'. *Annual Review of Law and Social Science* 19, no. Volume 19, 2023 (2023): 255–75. <https://doi.org/10.1146/annurev-lawsocsci-020223-040749>.

Villalobos, Matthijs Maas, José Jaime. *International AI Institutions A Literature Review of Models, Examples, and Proposals*. 2023. <https://law-ai.org/international-ai-institutions/>.

Wallach, Wendell, and Gary E Marchant. *An Agile Ethical/Legal Model for the International and National Governance of AI and Robotics*. n.d.

'Why Metadata Maturity Matters for AI-Ready Data | Key Insights from Gartner | Alation'. Accessed 29 September 2025. <https://www.alation.com/blog/metadata-maturity-ai-ready-data-gartner/>.

Zaidan, Esmat, and Imad Antoine Ibrahim. 'AI Governance in a Complex and Rapidly Changing Regulatory Landscape: A Global Perspective'. *Humanities and Social Sciences Communications* 11, no. 1 (2024): 1121. <https://doi.org/10.1057/s41599-024-03560-x>.

A kiskereskedelmi árréskorlátozás hatásai

KOZÁK Tamás¹ – TARALIK Krisztina²

DOI: [10.29180/978-615-6886-28-6_4](https://doi.org/10.29180/978-615-6886-28-6_4)

Absztrakt

Az energia és alapanyagárak emelkedése Európa több országában is áremelkedést okozott az élelmiszeriparban. Az input költségek emelkedése, a forint árfolyam alakulása, valamint az általános inflációs nyomás együttesen az élelmiszer árak jelentős emelkedéséhez vezetett. Az élelmiszer-árak stabilizálása, a drágulás lassítása érdekében Magyarországon 2025. március 17-től árréskorlátozás lépett hatályba. A tanulmány elemzi az árrésstop szabályozás élelmiszerkiskereskedelemre gyakorolt hatását, kiemelve azt, hogy milyen hatással van az érintett vállalatok jövedelmezőségére, az ellátási láncban érintett gazdasági szereplők együttműködésére. A tanulmányban az Opten adatbázis szekunder adatainak elemzésén keresztül vizsgáljuk, hogy miért korlátozott az árrésstop közvetlen hatása a kijelölt termékek fogyasztói áraira, illetve miért nem eredményez az árrésstop tartós árcsökkenést. Bemutatásra kerülnek az élelmiszer-kiskereskedelmi árrésstop intézkedés gazdasági és piaci hatásai, illetve a beszállítók pótlólagos költségeinek megjelenése a fogyasztói árakban. A kutatási eredmények rávilágítanak arra, hogy a magas élelmiszerinfláció miatt nem a kiskereskedelmi árrések emelkedésére vezethető vissza elsődlegesen, ezért miért nem hatékony és a kiskereskedelmi árrések központi szabályozása miért nem a legmegfelelőbb eszköz az infláció kezelésére/visszaszorítására.

Kulcsszavak: infláció, kiskereskedelmi ár, árrés, árrésstop, szabályozás

Abstract

Rising energy and raw material prices across several European countries have led to increasing costs in the food industry. The combined effects of higher input prices, shifts in the forint exchange rate, and general inflationary pressures have resulted in a significant rise in food prices. In order to stabilize food prices and slow the pace of price increases, Hungary introduced a profit-margin cap effective from 17 March 2025. This study examines the impact of the profit-margin cap regulation on the food retail sector, with particular emphasis on its effects on the profitability of the affected companies and on the cooperation among economic actors within the supply chain. Drawing on the analysis of secondary data from the Opten database, the study investigates why the direct impact of the margin cap on the consumer prices of designated products is limited, and why the measure does not result in lasting price reductions. The paper presents the economic and market effects of the food retail margin-cap intervention, as well as the appearance of suppliers' additional costs in consumer prices. The findings highlight that high food inflation cannot primarily be attributed to increasing retail margins and therefore explain why central regulation of retail margins is neither an effective nor an optimal tool for managing or reducing inflation.

¹ Budapesti Gazdaságtudományi Egyetem, MÜKK, ORCID: [0000-0003-3481-6545](https://orcid.org/0000-0003-3481-6545), kozak.tamas@uni-bge.hu

² Budapesti Gazdaságtudományi Egyetem, MÜKK, ORCID: [0000-0003-4181-1208](https://orcid.org/0000-0003-4181-1208), taralik.krisztina@uni-bge.hu

Keywords: inflation, retail price, profit margin, profit-margin cap, regulation

JEL code: L51, E31

Bevezetés

Ez tanulmány összefoglalja a 2025. március 11-i 42/2025 kormányrendelet (42/2025. (III. 11.) Korm. Rendelet - Nemzeti Jogszabálytár, 2025) (a „rendelet”) által Magyarországon bevezetett árréskorlátozás (a továbbiakban „árréskorlátozás”) hatásait, amely 2025. március 17-től lépett hatályba. Az árrésplafon hatálya alá 30 termékkategória (a „vonatkozó termékek”) tartozik, ezeket a termékkategóriákat a rendelet melléklete sorolja fel. A vonatkozó termékek a legnépszerűbb élelmiszerek, amelyek egy tipikus kiskereskedő forgalmának pedig 20–25%-át teszik ki. A tanulmány elemzési része statisztikai adatok, illetve Opten adatbázis feldolgozásán alapul. Ez a tanulmány nem veszi figyelembe a 2025. május 8-i 93/2025 kormányrendelettel Magyarországon bevezetett, 2025. május 19-től hatályos drogériai termékekre vonatkozó árréskorlátozás hatásait, amely nem vonatkozik az élelmiszer-kiskereskedőkre, de mégis hatással lehet az élelmiszer-kiskereskedők higiéniai és egészségügyi termékek értékesítésének jövedelmezőségére, és ezáltal magyarországi tevékenységük jövedelmezőségére.

A tanulmányban felhasznált fogalmak a következőképpen írhatók le, illetve foglalhatók össze: Az árrés a nettó beszerzési ár és a nettó eladási ár közötti különbség, amelyet bizonyos elemekkel, például visszatérítéssel korrigálnak, amelyet be kell számítani az árréskorlátozás alapján megengedett árrésba. A rendelet a következő két felső határt szabja meg az árrés szintjére, amelyek közül a kiskereskedők a legalacsonyabbat nem haladhatják meg:

- (i.) Először is, az érintett termékek árrése nem haladhatja meg a 10%-ot.
- (ii.) Másodszor, az érintett terméknek minősülő adott termék árrése nem haladhatja meg azt az árrést, amelyet a kiskereskedő 2025 januárjában alkalmazott ugyanazon termékre.

A rendelet előírja, hogy minden termékkategórián belül és minden kiskereskedelmi üzletben, illetve e-kereskedelem esetén minden e-kereskedelmi platformon a saját márka termékek aránya nem haladhatja meg az ilyen termékek 2025 januárjában és februárjában képviselt átlagát. A rendelet kötelezi a kiskereskedőket, hogy a rendelet hatálybalépése előtti napon általuk értékesített érintett termékekből elegendő mennyiséget kínáljanak eladásra. A kiskereskedők által eladásra kínált mennyiség nem lehet alacsonyabb, mint a 2024-ben eladott átlagos napi mennyiség, és elegendőnek kell lennie a fogyasztói kereslet kielégítéséhez. A rendelet megfogalmazása nem egyértelmű, és különböző értelmezésekre ad lehetőséget. A nyitott kérdések a következők: A rendelet értelmezésekor bizonytalanságot okozott annak értelmezése, hogy

- A 10%-os korlátot a beszerzési ár 10%-aként vagy a kiskereskedelmi ár 10%-aként kell-e számítani?
- Mely referencia-időszak és referencia-érték (üzlet szintjén vagy kiskereskedelmi lánc szintjén) alapján kell kiszámítani a saját márkás termékek arányát?
- Mely termék a referencia-termék (ugyanaz a beszállító, ugyanaz a terméktípus stb.) az adott termékre alkalmazandó felső határ (százalékban kifejezve) kiszámításához?

Bár a jogalkotó közzétett egy sor gyakran ismételt kérdést, a gyakran ismételt kérdésekben szereplő értelmezés néha nincs teljes összhangban a rendelet szövegével, így jogbizonytalanság keletkezhet, ami akár nem szándékos jogsértésekért kiszabott bírságokhoz vezethet.

Azáltal, hogy a kiskereskedőket arra kényszerítette, hogy a beszerzési árhoz közelebb álló áron értékesítsék a termékeket, az árréskorlátozás lehetővé tette a kiskereskedők számára, hogy pontosabban megbecsüljék versenytársaik beszerzési árait az érintett termékek tekintetében, mint az árréskorlátozás bevezetése előtt. Más szavakkal, az árréskorlátozás ár-átláthatóságot teremtett a kiskereskedők között az érintett termékek beszerzési árai tekintetében. Az ár-átláthatóság lehetővé teszi a kiskereskedő számára, hogy észrevegye, ha egy beszállító alacsonyabb árat kínál egy versenytársnak egy érintett termékért. Azok a kiskereskedők, akik magasabb árat fizettek, erős – sőt ellenállhatatlan – alapot kapnak arra, hogy a kérdéses beszállítótól az érintett termékek árainak csökkentését kérjék (Aparicio & Cavallo, 2021). Az árrésplafon által az érintett termékek esetében teremtett ár-átláthatóságot nem lehet gyorsan és könnyen visszavonni még akkor sem, ha az árrésplafont megszüntetik. A 2022-ben és 2023-ban hatályos árplafon következményei arra utalnak, hogy a kiskereskedők és a beszállítók árainak és jövedelmezőségének nyomása lényegesen tovább fog tartani, mint az árrésplafon érvényessége.

A Gazdasági Versenyhivatal által működtetett árfigyelő rendszer nem precedens nélküli (Rockoff, 2002), ugyanakkor kérdéses az, hogyan érvényesül a versenysemlegesség, amikor a feltöltési kötelezettség csak a 100 milliárd forint feletti forgalmú cégekre terjed ki.

Az árrésplafon határai

Az árréskorlátozás negatív hatásai a következőképpen foglalhatók össze:

Sajátmárkás termékek

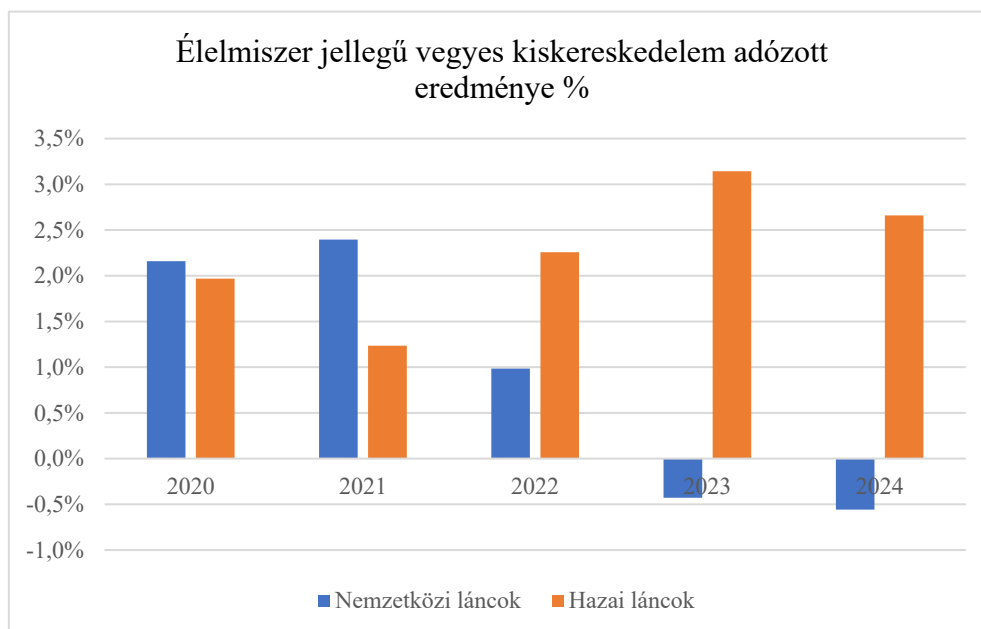
A jogszabály szerint a saját márká termékek aránya nem haladhatja meg a 2025. január és február hónapokban képviselt átlagot. Ugyanakkor a márkás termékek aránya meghaladhatja az ugyanazon időszakban képviselt átlagot. Ez a következő torzító hatásokkal jár a piacon. A gyártói márkás termékek árrése általában magasabb, mint a saját márkás termékeké. Ennek eredményeként az árrésplafon a gyártói márkás termékek árainak jelentősebb csökkenését okozta, mint a saját márkás termékeké. A (általában drágább) márkás termékek és a (általában olcsóbb) megfelelő saját márkás termékek közötti árkülönbség csökkent. Azok a fogyasztók, akik a márkás termékeket kívánatosabbnak tartják a saját márkás termékekénél, az árréskorlátozás bevezetése után úgy döntöttek, hogy bizonyos saját márkás termékeket a kosrukban a megfelelő márkás termékekkel cserélnek ki. Ez az érintett termékek esetében a márkás termékek iránti kereslet jelentősebb növekedését eredményezte, mint a saját márkás termékek iránti keresletét. A 10%-os abszolút határérték meghatározásával az árrésplafon csökkentette a saját márkás termékek márkás termékekkel szembeni árelőnyét, és ezáltal segítette a márkás termékek gyártóit abban, hogy saját márkás termékek gyártóinak rovására növeljék értékesítésüket, nyereségüket és piaci részesedésüket. Ez nettó nyereséget jelentett a márkás termékek gyártói számára, akiknek nem kellett csökkenteniük a kiskereskedőknek szállított árakat, és nem kellett további összegeket költeniük reklámra vagy innovációra piaci részesedésük növelése érdekében. A piaci részesedés növelésének költségeit teljes egészében a kiskereskedők viselték. A magyar élelmiszeripar legnépszerűbb – és legnagyobb forgalmú – márkái az érintett termékek közé tartoznak. Ezek a termékek olyan saját márkás termékekkel versenyeznek, amelyeket nem mindig Magyarországon gyártanak. Valójában a magyar gyártású érintett termékek részesedése a márkás termékek között sokkal magasabb, mint a saját

márkás termékek között. Az árrésplafonnak a márkás és saját márkás termékekre gyakorolt, az előző szakaszban leírt hatásai miatt az árrésplafon közvetett hatása az volt, hogy az érintett termékek között a hazai termékek piaci részesedése a külföldi termékek rovására nőtt.

Hatás: A gyártói márkás termékek előnyben részesítése a saját márkás termékek rovására, és közvetve a hazai termékek előnyben részesítése a külföldi termékek rovására közvetett inflációs hatással jár.

Piaci zavarok, veszteséges értékesítés

Az árrés az a többlet, amelyből a kiskereskedők fedezik költségeiket, megfizetik a kiskereskedelmi adót és nyereségre törekednek. Ha az árrés nem fedezi a költségeket, a kiskereskedelmi értékesítés veszteséges, még akkor is, ha a terméket nem a beszerzési ár alatt értékesítik. Az árrésstop hatása alapvetően a nemzetközi élelmiszerkiskereskedelmi üzletláncok nyereségét csökkenti, illetve veszteségüket növeli, ahogyan az az 1. ábrán megfigyelhető, hiszen minden érintett vállalat forgalma meghaladja a 100 milliárd forintot, és így a kiskereskedelmi különadó is rontja a jövedelmezőséget.



1. ábra: Adózott eredményszint.

Forrás: Opten adatbázis alapján saját feldolgozás

A kiskereskedelmi üzletágban az értékesítési költségek messze meghaladják a 10%-ot. Ez azt jelenti, hogy a rendelet által a kiskereskedőknek az érintett termékekre alkalmazni engedélyezett árrés nem fedezi az érintett termékek értékesítésével kapcsolatos költségeket. Más szóval, az érintett termékek értékesítése szükségszerűen veszteséges. Az átlagos árrés, amely lehetővé teszi a kiskereskedő számára a nyereséges működést (azaz az összes költség fedezését), 20% és 30% között van. Ez azonban nem jelenti azt, hogy minden termék árrése el kell, hogy érje ezt a szintet. Nem ritka, hogy a kiskereskedők egy kis termékcsoport értékesítésén veszteséget könyvelnek el azáltal, hogy a vásárlók vonzása érdekében a haszonkulcsot a lehető legközelebb nullához csökkentik. Ez nem jelent problémát, amíg a kiskereskedők más termékek értékesítéséből olyan nyereséget tudnak elérni, amely elegendő a

kedvezményes termékeken elszenvedett veszteség kompenzálásához. Valójában az egyik leggyakrabban alkalmazott kedvezményes stratégia abból áll, hogy egy kis csoport kiválasztott terméket nagyon alacsony (esetleg veszteséges) áron értékesítenek, abban a reményben, hogy a fogyasztó, miután belépett az üzletbe, más (nem kedvezményes) termékeket is vásárol, amelyek értékesítése elegendő nyereséget termel ahhoz, hogy több mint kompenzálja a kedvezményes termékek értékesítéséből származó veszteséget.

A kiskereskedő veszteségesen működik, ha a nyereséges tranzakciókból származó nyeresége nem kompenzálja a veszteséges tranzakciókból származó veszteségét. Az árréskorlátozás de facto lehetetlenné teszi a kiskereskedők számára, hogy Magyarországon nyereségesen működjenek, különösen a következő okok miatt. Bár a legnépszerűbb termékek kosara minden kiskereskedőnél nagyon hasonló, nem valószínű, hogy az összes nagy kiskereskedő egyszerre kedvezményezne (és így csökkentené a haszonkulcsot) ugyanazokat a termékeket. Járulékos hatása a rendelkezésnek az is, hogy a lassul az új termékek bevezetése (Besanko et al., 1987), és tapasztalható az árcsökkenést eredményező akciók számának mérséklődése is.

Normális körülmények között egy kiskereskedő nem tartaná szükségesnek, hogy azonnal csökkentsen egy adott termék árát csak azért, mert versenytársa korlátozott ideig kedvezményt szervezett arra a termékre. Ehelyett a kiskereskedő megpróbálná felülmúlni versenytársát azzal, hogy saját stratégiája szerint kedvezményeket szervezne olyan termékekre, amelyek nem feltétlenül egyeznek meg a versenytársa által kedvezményezett termékekkel (Schuettinger & Butler, 1979). Az árrésplafon bevezetése azonban lehetetlenné tette a kiskereskedők számára, hogy továbbra is így reagáljanak versenytársaiknak az érintett termékekre vonatkozó árcsökkentéseire, amennyiben ezeket az árcsökkentéseket az árrésplafon írja elő (Kopalle et al., 2025).

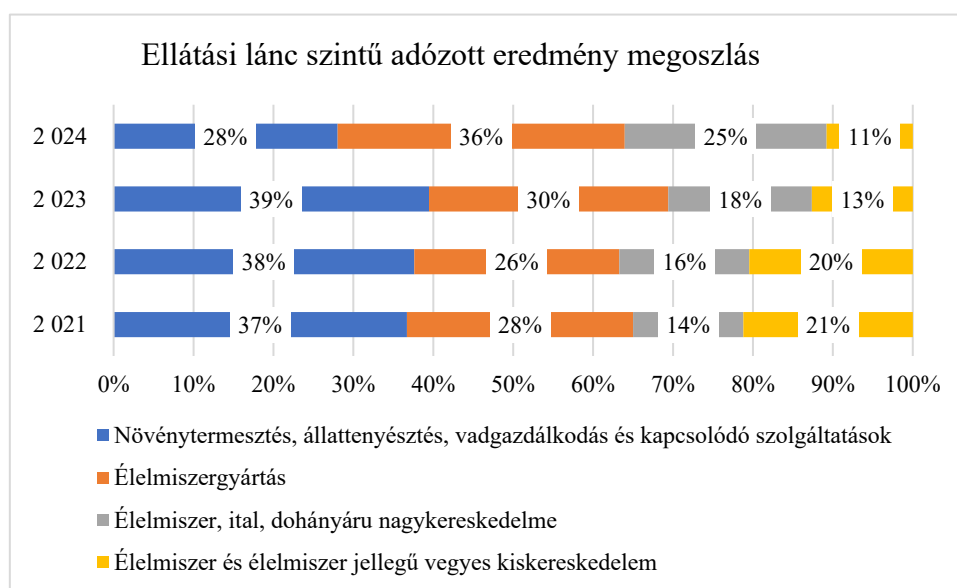
Mivel a kiskereskedők piaci részesedésük elvesztése nélkül nem tudnak hosszabb ideig magasabb árakat alkalmazni a legnépszerűbb termékekre, mint versenytársaik, bármelyik nagy kiskereskedő által 2025 januárjában az érintett termékek bármelyikére szervezett ideiglenes árcsökkentés hatására az összes kiskereskedő kénytelen lesz az árréstörvény teljes időtartama alatt hasonlóan alacsony szintre csökkenteni az azonos termékek árát. Más szavakkal, az árréskorlát a 2025. januári legalacsonyabb árakat – és az ilyen árakat lehetővé tevő 10% alatti árréseket – az érintett termékek esetében a kiskereskedelmi szektor egészére vonatkozó szabványossá tette az árréskorlát teljes időtartama alatt. Elméletileg ugyan lehetséges lenne az érintett termékeknél elszenvedett veszteséget más termékek árának emelésével kiegyenlíteni, azonban nem reális, hogy más termékeknél elért nyereséget a veszteség kompenzálására elegendő mértékben növeljék. A keresztkompenzációs kísérletek kormány általi ellenőrzése, valamint az árakra nehezedő versenynyomás megerősödik a 2023 májusában Magyarországon bevezetett árfigyelő rendszer révén (Narasimhan, 1984).

Következtetés

Annak ellenére, hogy a márkás termékek és a hasonló saját márkás termékek ára közötti különbség csökkent, a saját márkás termékek továbbra is olcsóbbak, mint a márkás termékek. A saját márkás termékek korlátlan elérhetősége így enyhítheti az élelmiszerárak inflációjának mértékét, mivel lehetővé teszi a fogyasztók számára, hogy a drágább márkás termékeket tetszés szerint olcsóbb saját márkás termékekkel helyettesítsék. Másrészt, ha a kiskereskedőknek korlátozniuk kell saját márkás termékeik kínálatát, amint azok forgalmi részesedése eléri a 2025. január–februári szintet, az korlátozza a saját márkás termékek inflációcsökkentő hatását. Bár az árréskorlátozás első heteiben a márkás termékek iránti kereslet növekedése meghaladta a saját márkás termékek iránti kereslet növekedését, ez a tendencia valószínűleg nem fog

tartósan fennmaradni. Ahogy a gyártók emelik az érintett termékek árát, a kiskereskedelmi áraknak is emelkedniük kell, függetlenül az árréskorlátozás bevezetését követő egyszeri kiskereskedelmi árcsökkenéstől. A fogyasztók várhatóan úgy reagálnak az áremelkedésre, hogy ismét több saját márkás terméket és kevesebb márkás terméket akarnak vásárolni. A kiskereskedők azonban nem kínálhatnak annyi saját márkás terméket, amennyit akarnak. Ezért a saját márkás termékek arányának korlátozása korlátozza azt a mértékben, amelyben az élelmiszer-inflációt enyhítheti a drágább márkás termékekről az olcsóbb saját márkás termékekre való áttérés (Carranza et al., 2015).

Az élelmiszer termékpályán érvényesülő inflációs hatás csak termékpálya, illetve ellátási lánc szinten elemezhető és kezelhető. Nem tartható fenn az az állapot, hogy az ellátási lánc szereplői jelentősen eltérő jövedelmezőségi szinten működnek, így a jövedelemelosztás is rendkívül aránytalan. A 2. ábrán látható, hogy míg 2021-ben még az ellátási lánc szinten jelentkező nyereség közel ötöde csapódott le a kiskereskedőknél, az a szám 2024-ben 11%-ra csökkent.



2. ábra: Adózott eredménymegoszlás az élelmiszer ellátási láncban.

Forrás: Opten adatbázis alapján saját feldolgozás.

A magyar kiskereskedelem jövedelmezősége alacsony (2024: 2,5%), ezen belül az élelmiszer jellegű vegyes kiskereskedelem eredmény szintje különösen nyomott (2024: 0,2%), és ez utóbbi belül a nemzetközi élelmiszerláncok összességében veszteséget termeltek. A bemutatott szabályozási környezet nemcsak a nagyobb élelmiszerkiskereskedőket érinti, de a kisboltokat is nehéz helyzetbe hozza. Egy GKI (Gazdaságkutató Zrt.) tanulmány szerint a vállalkozások közel ötöde a boltbezárást fontolgatja, hiszen nehezen veszik fel az árversenyt a nagyobb üzletláncokkal. Különösen súlyos kérdés ez annak fényében, hogy közel 400 kistélepülésen már semmilyen kereskedelmi infrastruktúra nem található (Szász, 2025). Jelen tanulmány alapvetően a kínálat oldali inflációs nyomás tényezőit taglalja, de nem szabad megfeledkezni a keresleti, főleg jövedelemkiáramlás okozta vásárlóerő növekedés hatásáról sem (Nijs et al., 2007).

Az elemzésben bemutatott árszabályozás gazdasági hatása tehát összességében negatív egyenleget mutat mert:

- az élelmiszerinfláció a bevezetést követő hónap kivételével nem csökkent,
- a beszállítói oldalon jelentkező költségnövekedés tovább hátrításának nincs jogi korlátja,
- az olcsóbb beszerzési források felkutatása az importot ösztönzi, ezzel a magyar termelők kerülnek hátrányosabb helyzetbe,
- a szabályozásban érintett vállalatok nyeresége csökken, illetve veszteségük növekszik, ennek egyik következményei lehetnek az elhalasztott üzletfejlesztések, beruházások,
- az árrésstop kivezetésekor az árak gyors korrekciója következhet be.

Irodalomjegyzék

42/2025. (III. 11.) Korm. Rendelet—Nemzeti Jogszabálytár. (2025). <https://njt.hu/jogszabaly/2025-42-20-22>

Aparicio, D., & Cavallo, A. (2021). Targeted Price Controls on Supermarket Products. *The Review of Economics and Statistics*, 103(1), 60–71. https://doi.org/10.1162/rest_a_00880

Besanko, D., Donnenfeld, S., & White, L. J. (1987). Monopoly and Quality Distortion: Effects and Remedies. *The Quarterly Journal of Economics*, 102(4), 743–767. <https://doi.org/10.2307/1884279>

Carranza, J. E., Clark, R., & Houde, J.-F. (2015). Price Controls and Market Structure: Evidence from Gasoline Retail Markets. *The Journal of Industrial Economics*, 63(1), 152–198. <https://doi.org/10.1111/joie.12071>

Kopalle, P. K., Lehmann, D. R., Ramachandran, D., & Wetzels, R. (2025). Journal of Business Research Publications 1973–2024: Topics, methodological approaches, data, and analyses conducted. *Journal of Business Research*, 194, 115360. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2025.115360>

Narasimhan, C. (1984). A Price Discrimination Theory of Coupons. *Marketing Science*, 3, 128–147. <https://doi.org/10.1287/mksc.3.2.128>

Nijs, V., Srinivasan, S., & Pauwels, K. (2007). Retail-Price Drivers and Retailer Profits. *Marketing Science*, 26, 473–487. <https://doi.org/10.1287/mksc.1060.0205>

Rockoff, H. (2002). *Drastic Measures: A History of Wage and Price Controls in the United States*. Cambridge University Press. <https://catdir.loc.gov/catdir/samples/cam031/83021019.pdf>

Schuettinger, R. L., & Butler, E. F. (1979). *Forty Centuries of Wage and Price Controls: How Not to Fight Inflation*. The Heritage Foundation.

Szász, P. (2025, June 18). Amint lehet, ki kell vezetni az árrésstopot, mert komoly károkat okoz—Dr. Hanna Nimer, a GKI elnöke a portfolio.hu-n. *GKI Gazdaságkutató Zrt.* <https://gki.hu/language/hu/2025/06/18/amint-lehet-ki-kell-vezetni-az-arresstopot-mert-komoly-karokat-okoz-dr-hanna-nimer-a-gki-elnoke-a-portfolio-hu-n/>



BGE

www.uni-bge.hu