

Rozs Bálint:

„CSAK A ZÖLD ACÉL LEHET A-CÉL?“, AVAGY AZ EU ZÖLDÍTÉSI SZABÁLYOZÁSAINAK HATÁSA AZ EURÓPAI ACÉLIPARRA A FEGYVERKEZÉSI VERSENY KONTEXTUSÁN KERESZTÜL

DOI: 10.35926/HSZ.2025.6.6

ÖSSZEFOGLALÓ: A szerző tanulmányában az acél mint a modern fegyverrendszerek nélkülözhetetlen strukturális alapanyaga hadiipari szerepét vizsgálja. Rámutat, hogy az acélipari kapacitások nem csupán gazdasági, hanem stratégiai jelentőséggel is bírnak a katonai ellenálló képesség fenntartásában. Ezen kontextusban elemzi az Európai Unió dekarbonizációs derogációit (ETS, CBAM), amelyek a zöld átállás révén jelentősen szűkítették az acélgyártás mozgásterét. Vizsgálata fő célja volt, hogy feltárja azt a láthatatlan stratégiai dilemmát, amely a dekarbonizációs törekvések és a védelmi képességek fenntartásának követelményei között húzódik.

KULCSSZAVAK: hadiipari ellátási láncok, háborús gazdaság, Oroszországi Föderáció, zöld acél

A SZERZŐRŐL:

Rozs Bálint, az NKE HHK Katonai Műszaki Doktori Iskola hallgatója (ORCID: 0009-0005-5080-2225; MTMT: 10089537)

BEVEZETÉS

Az elmúlt években az Európai Unió olyan ambiciózus klímapolitikai célkitűzéseket határozott meg, amelyek érdemben befolyásolják a nagy energaintenzitású iparágak, például az acélgyártás alapvető működését és jövőbeli versenyképességét. Az Európai Zöld Megállapodás,¹ valamint a „Fit for 55”² jogszabálysomag keretében az EU vállalta, hogy 2030-ig legalább 55%-kal csökkenti az üvegházhatású gázkibocsátását az 1990-es bázisévhez képest, 2050-re pedig eléri a teljes klímasemlegességet. Ennek részeként jelentősen szigorodtak az ipari kibocsátáshoz kapcsolódó előírások. Az Európai Unió kibocsátáskereskedelmi rendszerének keretében (Emission Trading Scheme, a továbbiakban ETS) fokozatosan emelkednek az ún. szén-dioxid-árak, továbbá az EU bevezeti a szén-dioxid-vámként ismert karbonhatár-mechanizmust (Carbon Border Adjustment Mechanism, a továbbiakban CBAM) is. Ez utóbbi karbonintenzitástól függő többletköltséget ró a nagy kibocsátású termékek, különösen az acél importjára. Bár célja a dekarbonizáció, az intézkedés jelentős alkalmazkodást követel meg az európai nehéziparttól. Az acél stratégiai jelentőségű hadiipari alapanyag, hiszen nélkülözhetetlen a páncélozott harcjárművek, a hadihajók és az egyéb fegyverrendszerek

¹ Az európai zöld megállapodás... 2019.

² „Irány az 55%!”... 2021.

gyártásában. Ugyanakkor az acélgyártás a legnagyobb szén-dioxid-intenzitású ágazatok közé tartozik, ezért különösen érzékeny az emelkedő karbonárakra és a szigorodó környezetvédelmi normákra. A zöldhidrogén-alapú kohászat és az elektromos ívkemencék hosszabb távon fenntarthatóbb termelést hozhatnak, rövid távon viszont kapacitásszűkülés, költség-növekedés és ellátási bizonytalanságok jelentkezhetnek a hadiiparban.

Ezzel párhuzamosan a nemzetközi térben egy új fegyverkezési verseny van kibontakozóban. A Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI) adatai szerint 2024-ben a globális katonai kiadások elérték a 2,72 billió dollárt, ami mintegy 9,4%-os növekedést jelent az előző évhez képest. Ez a legnagyobb évi emelkedés a hidegháború végétől számítva. Európában az átlagot meghaladó, mintegy 17%-os növekedés volt megfigyelhető a katonai kiadások esetében.³ Az orosz–ukrán háború rávilágított a hadiipari, különösen a nehézipari kapacitások stratégiai jelentőségére, hiszen a harcéri veszteségek pótlása jelentős acélmenynyiséget, illetve acélgyártókapacitást igényel. Az EU tagállamai növekvő védelmi kiadásokkal igyekeznek pótolni a békeidőben lecsökkent/kimerült készleteket, ám e törekvéseket veszélyezteti a leépülő ipari háttér. Egy elhúzódó konfliktus és a fegyverkezési verseny fokozódása mellett kérdéses, hogy az európai acélipar a zöld átállás követelményeinek betartásával hosszú távon képes-e biztosítani a védelmi szektor alapanyagigényeit.⁴

Nemzetközi összehasonlításban az európai iparpolitika és szabályozás élesen eltér a nagyhatalmak gyakorlatától. Az Oroszországi Föderáció (a továbbiakban Oroszország) acéliparra továbbra is fosszilis energiára épül, és kevésbé korlátozzák környezetvédelmi előírások, ami rövid távon versenyelőnyt jelenthet a hadiipari utánpótlásban. Az Amerikai Egyesült Államok (a továbbiakban Egyesült Államok) az Inflation Reduction Act (inflációcsökkentési törvény) és más célzott iparpolitikai ösztönzők révén egyszerre támogatja a nehézipart és a kibocsátáscsökkentést, miközben a Buy American⁵ elv biztosítja az alapanyag-ellátás elsődlegességét. A Trump-adminisztráció várhatóan tovább enyhíti majd azokat a környezetvédelmi és dekarbonizációs előírásokat, amelyek már eddig is kevésbé voltak szigorúak az európai szabályozási keretekhez képest.

Kína adja a globális acéltermelés közel felét, amit jelentős állami támogatásokkal tart fenn.⁶ A belső kereslet alacsony szintje túlermelési kockázatot hordoz, ugyanakkor az állami mechanizmusok mesterségesen alacsonyan tartják az acél árát. Peking vállalása szerint 2030-ra kívánja elérni a szén-dioxid-kibocsátás tetőzését, 2060-ra pedig a karbonsemlegességet, ugyanakkor az acél- és hadiipari termelés jelenleg csupán minimális környezeti szabályozás mellett működik.⁷ Ez az aszimmetria rávilágít arra, hogy az iparpolitikai döntéshozatal és a nyersanyag-stratégiák terén az Európai Unió és versenytársai, különösen Kína és Oroszország eltérő kompromisszumokkal kénytelenek szembenézni a zöld átmenetben.

A tanulmány célja az acél hadiipari stratégiai alapanyagként betöltött szerepének rendszerszintű vizsgálata, különös tekintettel az Európai Unió klímapolitikai szabályozásainak acéliparra gyakorolt hatásaira. A kutatás azt elemzi, miként tartható fenn az európai acélgyártás versenyképessége a zöld átmenet és egy esetleges fegyverkezési verseny kereszteződésében, valamint hogyan egyeztethetők össze a klímacélok a védelmi ipar fenntartható

³ Reuters, 2025.

⁴ Industry bets on clean... 2024.

⁵ Buy American elv: Minden olyan projekt esetén, amely szövetségi támogatást kap, törekedni kell az amerikai alapanyagok használatára, különösen az acél és egyéb fémipari termékek esetében.

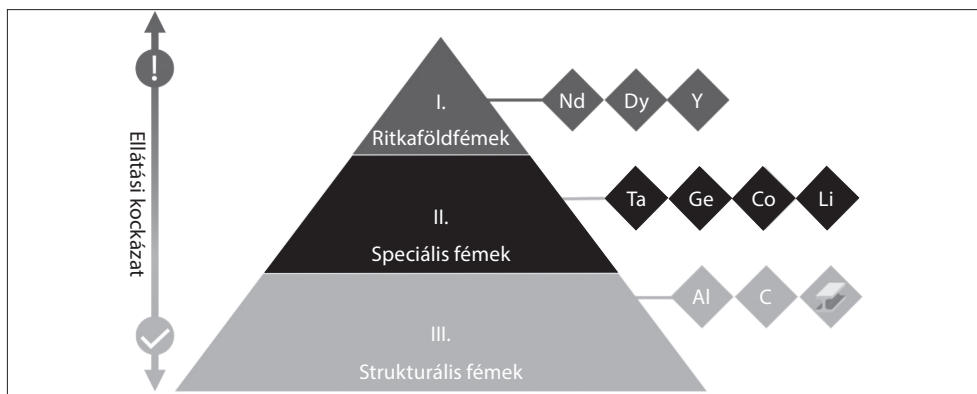
⁶ Bickenbach et al. 2024, 214–221.

⁷ China's 2024 Crude Steel... 2025.

működésének követelményeivel. Demonstratív jelleggel egy hipotetikus veszteségkosár pótlási költségeit is összevetem a zöld acél és a hagyományos szénacél európai és orosz árszintjei alapján, rávilágítva azokra a strukturális és szabályozási tényezőkre, amelyek korlátozhatják az Európai Unió védelmi iparának válaszképességét.

A STRATÉGIAI JELENTŐSÉGŰ NYERSANYAGOK SZEREPE A MODERN HADIIPARBAN

A hadiipari szempontból kritikusnak tekintett nyersanyagok alapvetően három fő csoportba sorolhatók, ahogy az 1. ábrán is látható.



1. ábra A hadiipari szempontból kritikus nyersanyagok osztályozása (Szerkesztette a szerző)⁸

A piramis csúcsán elhelyezkedő első csoportba olyan ritkaföldfémek tartoznak, mint például a *neodímium* (*Nd*), *diszprózium* (*Dy*), de az átmeneti fémek közé sorolható *ittrium* (*Y*) is, amelyek elsősorban elektronikai rendszerekben kapnak szerepet.⁹ A második kategóriát az energiatárolási célokra használt speciális fémek alkotják, úgymint a *tantal* (*Ta*), *germánium* (*Ge*), *kobalt* (*Co*) vagy a *lítium* (*Li*), amelyek jellemzően akkumulátorokba és különféle meghajtórendszerekbe kerülnek.¹⁰ Bár jelen tanulmány elsősorban az acéliparra fókuszál, az említett kritikus fontosságú nyersanyagok szintén kulcsszerepet játszanak a modern haditechnikában. Ezen elemek többsége nélkülözhetetlen a precíziós fegyverek, a radarok, valamint fejlett repülőgépek és tengeralattjárók vezérlő- és hajtásrendszereiben. Számos nyugati kutató foglalkozik az ide kapcsolódó függőségi kockázatokkal, különösen annak fényében, hogy a globális ellátási láncok erősen koncentráltak.¹¹ A harmadik csoport alapanyagai jellemzően a tömeggyártott katonai platformok vázszerkezetét, burkolatát alkotják. Ide tartozik az alumínium, a grafit, valamint az acél.¹²

A hadiipari nyersanyagok közül az acélnak sajátos szerepe van. Bár nem tartozik a legmagasabb ellátási kockázatú anyagok közé, azonban stratégiai jelentősége mégis kiemelkedő a hadiiparban. Az acél szinte valamennyi katonai eszköz gyártásának alapvető anyagát

⁸ Girardi et al. 2023.

⁹ Uo. 6–7.

¹⁰ Uo. 8–10.

¹¹ Turner 2025, 289–293.

¹² Girardi et al. 2023: i. m. 5–6.

képezi, legyen szó páncélozott harcjárművekről, hadihajókról, tengeralattjárókról vagy tűzérési rendszerekről. Szerkezeti alapanyagként az acél biztosítja az eszközök mechanikai integritását és védelmi képességét, különösen a kinetikus hatásokkal szemben. Az acél nélkül elképzelhetetlen a hadiipar működése, mivel alapvető szerepet tölt be a legtöbb hagyományos katonai platform szerkezeti és páncélozási megoldásaiban.¹³ Ebből következik, hogy egy nemzet acéliparának mérete és kapacitásai nem csupán gazdasági jelentőséggel bírnak, hanem közvetlenül meghatározzák annak katonai képességeit is. Az acélipar tehát nem egyszerűen egy nyersanyagtermelő ágazat, hanem egy olyan stratégiai kapacitás, amely a fegyveres konfliktusokra való felkészülés, az eszközpótlás és a katonai ellenálló képesség egyik kulcstényezője. Az acél rendelkezésre állása és ipari feldolgozási képességei végső soron befolyásolhatják egy ország fegyveres érdekérvényesítő képességét, valamint annak nemzetközi biztonságpolitikai megítélését is.

A történelem különösen szemléletes példával szolgál a második világháború időszakából. A Pearl Harbor elleni japán támadást követően az Egyesült Államok gyorsan mozgósította ipari kapacitásait, melynek középpontjában az acélipar állt. A U.S. Steel jelentős mértékben bővítette termelését: új kohókat és gyártóüzemeket létesített, visszahívta a nyugdíjas munkavállalókat, valamint újraindította a korábban elavultnak ítélt gyártóberendezéseket. Ennek eredményeként 1945-re az Egyesült Államok a világ nyersvastermelésének 67%-át, az acéltermelésének pedig 72%-át állította elő.¹⁴

AZ ACÉL ALKALMAZÁSA A FEGYVERGYÁRTÁSBAN

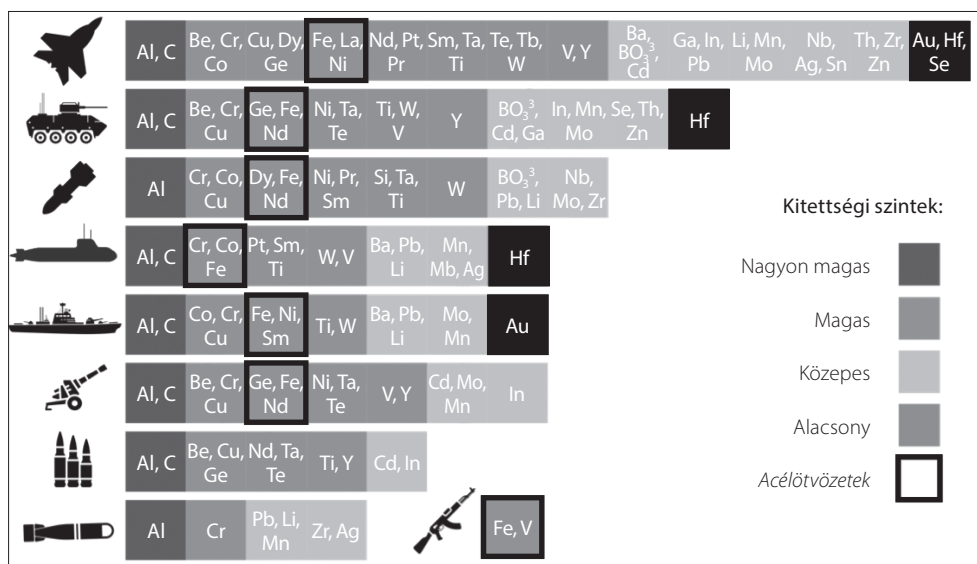
Az acél a védelmi iparban az egyik legsokoldalúbban alkalmazott, esszenciális jelentőségű alapanyag, amely mindhárom haderőnem eszközei esetében nélkülözhetetlen. A 2. ábrán megjelenítettem néhány, a modern hadviselés szempontjából meghatározó eszközt és a hozzájuk rendelt kritikus fontosságú nyersanyagokat.

A szárazföldi eszközök körében a harckocsik, gyalogsági harcjárművek (IFV/APC), illetve a vontatott és önjáró tűzérési rendszerek strukturális és páncélozott elemeinek előállításához használnak acéltövezeteket. Az acél alapvető szerepet játszik a rendszeresített harcjárművek fegyverzeti és vázszerkezeti elemeiben, valamint a kézfegyverek gyártásában. A haditengerészet haditechnikai rendszereiben a hadihajók és tengeralattjárók hajószerkezeteinek elsődleges alapanyaga, továbbá nélkülözhetetlen a hajtáslánc mechanikus elemeiben, például a tengelyekben és hajócsavarokban. A légierőnél elsősorban a repülőgépek és helikopterek futóműveiben, teherhordó szerkezeti elemeiben és bizonyos elektronikai komponensek burkolataiban jelenik meg. Emellett a kiszolgáló létesítmények és radarrendszerek építésében is kulcsszerepet tölt be.

Am a vizsgált források esetében ellentmondás figyelhető meg. Az 1. ábra szerint az acél nem tartozik a kiemelt ellátásbiztonsági kockázattal rendelkező nyersanyagok közé, a 2. ábra viszont azt mutatja, hogy a kilenc vizsgált haditechnikai eszközből hét esetében magas kitettségi kockázat áll fenn. Ez azzal magyarázható, hogy az acél termelése globálisan diverzifikált, ugyanakkor Kína jelentős piaci részesedése befolyásolási potenciált biztosít számára. Az eszközosztályok szintjén ugyanakkor nyilvánvalóvá válik a strukturális jelleg,

¹³ Uo. 15–21.

¹⁴ Documenting the Wartime Effort...



2. ábra A hadiipari szempontból kritikus nyersanyagok osztályozása (Szerkesztette a szerző)¹⁵

hiszen acél, grafit vagy alumínium nélkül még csökkentett technológiai tartalommal sem állíthatók elő a szükséges rendszerek. A geopolitikai feszültségek, például a vámintézkedések vagy a Kínával és Oroszországgal fennálló konfliktusok a globális ellátási láncokon keresztül komoly destabilizáló hatást gyakorolhatnak a hadiipari termelésre. Az acélgyártás magas energiaigénye további kockázatot hordoz, különösen az Európai Unió szigorodó környezetvédelmi és klímapolitikai szabályozási környezetében, amely hosszabb távon az európai acélipar versenyképességét is gyengítheti.

AZ EU ACÉLIPARÁNAK HELYZETE ÉS SZABÁLYOZÁSI KÖRNYEZETE

Az acélipar az Európai Unió ipari gazdaságának egyik meghatározó alappillére, elég csak a nagy jogelődre, az Európai Szén- és Acélközösségre (ESZAK) gondolni. A patinás iparág ugyanakkor jelentős kihívásokkal néz szembe napjainkban, aminek fő oka a kontinens ambíciós decarbonizációs törekvése. Az ágazat az uniós szén-dioxid-kibocsátás egyik legnagyobb forrása, hiszen az acélgyártás évente körülbelül 221 millió tonna CO₂ kibocsátásáért felelős egymaga, ami az EU teljes kibocsátásának 5%-át jelenti, a teljes ipari kibocsátásnak pedig mintegy egynegyedét teszi ki.¹⁶

A termelési volumeneket tekintve az EU a globális acéltermelés harmadik legnagyobb szereplője Kína és India után. 2023-ban a közösség körülbelül 126 millió tonna acélt állított elő, amely a világ össztermelésének mintegy 6,8%-át jelentette. Ám az EU acélgyártása 2018 óta hanyatlóban van. A 2018-as bázisévhez viszonyítva mára mintegy 34 millió tonnával csökkent az éves termelés. Ez önmagában még nem feltétlenül utalna mély strukturális problémákra, ám az import aránya ezzel párhuzamosan évről évre magasabb értékeket vesz

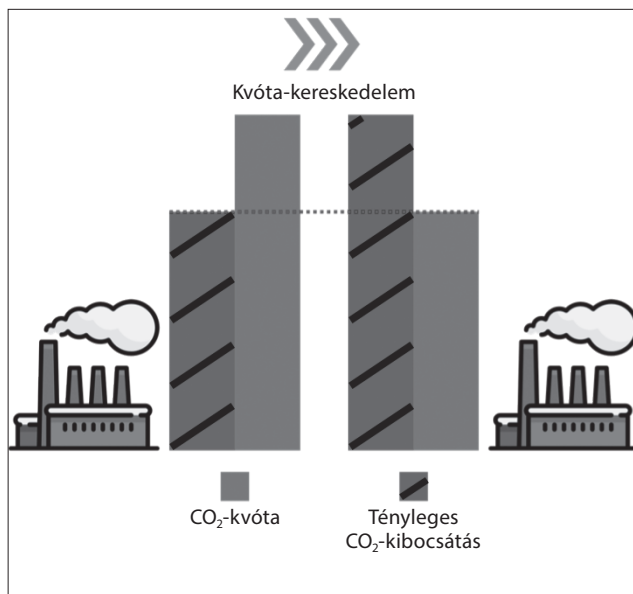
¹⁵ Girardi et al. 2023: i. m.

¹⁶ Joint Research Centre, 2022.

fel (jelenleg már a belső kereslet mintegy negyedét teszi ki). A kedvezőtlen számok okán az EU-nak elkerülhetetlenül végre kellett hajtania a szerkezeti átalakításokat, amelyeket a növekvő globális túlkínálat is megalapozott.¹⁷ A közösség nehéziparának újragondolása a zöld átállás jegyében kezdődött el, amelynek fő célja az iparág kibocsátáscsökkentése, a zöld acélra történő irányváltása volt.

A FIT FOR 55, AZ ETS ÉS A CBAM HATÁSAI

A 2019-ben elfogadott Fit for 55¹⁸ egy átfogó jogi csomag volt az EU részéről, amelyben a közösség vállalta, hogy a jogszabályait a 2030-as kibocsátáscsökkentési célhoz igazítja. Az acéliparra nézve ez a csomag több szempontból is rendkívül lényegesnek tekinthető. A meghatározott kibocsátáscsökkentési célszámok elérésének egyik legfontosabb eszköze az ún. ETS lett, ami már 2005 óta formálódott. Az ETS egy szén-dioxid-árező mechanizmus, amely minden, az acéltermelés során keletkező CO₂ tonnájára egy meghatározott árat szab, ezáltal pénzügyi „ösztönzést” teremt a kibocsátás csökkentése érdekében. Az ETS egy kapukereskedelmi rendszer, amely összességében egy kibocsátási kvótát állapít meg minden energiaintenzív iparág számára. Ennek megfelelően osztja ki az engedélyeket, amelyeket a vállalatoknak minden kibocsátott tonna CO₂ után fel kell mutatniuk. Annak elkerülése érdekében, hogy a szennyező, de stratégiai fontosságú iparágak ne lehetetlenüljenek el, ingyenes kvótákat határozott meg a közösség a rendszer bevezetésétől számítva. Ezen kiosztott engedélyek egyik legnagyobb haszonélvezője volt az európai acélipar, így a legtöbb üzemnek a meghatározott kibocsátási szintig nem kellett külön engedélyt megvásárolnia. 2008 és 2019 között az EU ingyenes kvótákat osztott az acélipar számára a teljes kibocsátás mintegy



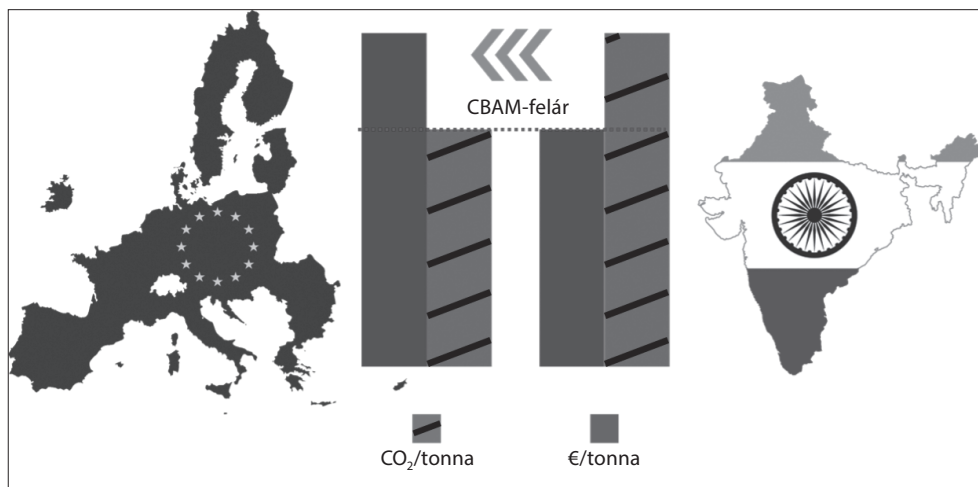
3. ábra Az ETS kvóta-kereskedelem működése (Szerkesztette a szerző)

¹⁷ Eurofer, 2024.

¹⁸ „Irány az 55%!”... 2021: i. m.

95%-áig, ami részben megvédte az iparágat a karbonköltségtől, sőt lehetőséget biztosított a fennmaradó engedélyek kereskedelmére, ahogy azt a 3. ábrán szemléltetem. Bár ezen kitétel csökkentette az ETS hatását, az uniós acél CO₂-kibocsátása az elmúlt évtizedben közel állandó maradt (220 millió tonna CO₂ évente). A Fit for 55 csomaghoz kapcsolódó reformok ezt a status quót változtatták meg.

A „szennyező fizet” elvre épülő, immár módosított kvótarendszer olyan szabályozási eszközzé alakult, amely ösztönözheti az energiaintenzív iparágak szereplőit a dekarbonizációs lépések megtételére. Ez az acélvállalatok szempontjából azt jelenti, hogy drasztikusan csökkenteniük kell a kibocsátásukat, vagy több szén-dioxid-kvótát kell vásárolniuk, ami adó formájában tovább emeli a költségeiket. A 2026 és 2034 közötti időszakban évente körülbelül 10%-os csökkentés várható az ingyenesen kiosztott acélipari kvóták számában, így 2034-re az acélüzemeknek minden kibocsátásuk után meg kell vásárolniuk az engedélyeket. Ezzel párhuzamosan pedig elindult az ún. karbonhatár-mechanizmus,¹⁹ amelynek célja az „egyenlő” versenyfeltételek megteremtése. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy az EU az importált acél árába is beépítette a CO₂-felárat, azaz nem lesz mód a szennyezőbb, de költséghatékonyabb indiai, kínai vagy török üzemekből alacsonyabb áron megvásárolni a szükséges acélt. Technikailag ez egy vámmechanizmus, ami 2023 és 2025 között még csak teszt jelleggel üzemel, azaz az importőröknek ekkor még csak adatszolgáltatási kötelezettsége van arra vonatkozóan, hogy az általuk importált acélárut milyen kibocsátási paraméterekkel gyártják, ahogy az a 4. ábrán is látható.



4. ábra A CBAM működése (Szerkesztette a szerző)

Bár az európai zöld átállási törekvések megalapozottsága nem vitatható, a költséges technológiai beruházások kikényszerítése olyan globális versenyhelyzetben, ahol a legtöbb szereplő eltérő normák szerint működik, a versenyképesség romlását eredményezheti. A probléma különösen éles, mivel a globális fegyverkezési ciklus felfutó szakaszban van, és ezzel párhuzamosan nő az acél iránti kereslet a védelmi szektorban. Így kettős nyomás alá kerülnek:

¹⁹ Az (EU) 2023/956 rendelete... 2023, 52.

- egyrészt azok a hadiipari gyártók, amelyek számára kulcsfontosságú a nagy mennyiségben, megfelelő minőségben és versenyképes áron elérhető acél,
- másrészt maguk az acélipari szereplők, amelyek kritikus beszállítóként működnek a stratégiai iparágakban.

Továbbá a globális kereskedelmi-politikai környezet is destabilizálódni látszik, amit az új Trump-kormányzat bejelentett vámpolitikai nyomásgyakorlása is alátámaszt.²⁰

A FENNTARTHATÓ ACÉLGYÁRTÁS ÉS NEHÉZIPAR DEKARBONIZÁCIÓJÁNAK KORLÁTAI

A „zöld acél” mint koncepció az acélgyártás dekarbonizációjának egyik kulcsszava lett az elmúlt években, azonban a fenntarthatóságra vonatkozó ígéretek mögött gyakran súlyos technológiai, gazdasági és geopolitikai korlátok húzódnak meg, amelyeket a politikai diskurzus hajlamos figyelmen kívül hagyni. A leggyakrabban hivatkozott alternatíva, a hidrogénalapú redukció (H-DRI) technológia elviekben valóban jelentős CO₂-kibocsátás-csökkentést tehet lehetővé, azonban ennek megvalósítása jelenleg rendkívül magas energiaigénnyel jár.²¹ Egy tonna zöld acél előállításához kb. 61 kg zöld hidrogén szükséges, amelynek előállítása mintegy 2800 kWh megújuló villamos energiát igényel, ami többszöröse a hagyományos elektromos ívkemencék energiafelhasználásának.²² Szakértői becslések szerint a zöld acél előállítása jelenleg lényegesen költségesebb a hagyományos, szénalapú acélgyártás költség szintjénél, akár 60–100%-kal is meghaladja azt, ami komoly gazdasági akadályt jelent a technológia széles körű elterjedése előtt.²³ Továbbá megemlítendő a skálázás problémája. A jelenlegi költség- és energiabecslések jellemzően pilot projektekből származnak, ezért a nagy volumenű gyártás, valamint a hidrogén előállításához, tárolásához és szállításához szükséges kapacitások kiépítése jóval magasabb beruházási és működtetési költségeket feltételez. Ez jelentősen korlátozza a technológia versenyképességét a globális acélpiacon, különösen úgy, hogy Kína és India továbbra is széntüzelésű kohók dominanciájára épít, karbonárazás nélkül.

A költségek mellett pedig egy egyre látványosabb technológiai probléma is kezd kibontakozni. A teljesen zöld gyártásra való áttérés nemcsak új kohászati technológiák kifejlesztését, hanem a teljes energiarendszer átalakítását is megkövetelné. Európa megújuló kapacitásai még a jelenlegi fogyasztási szinteket sem képesek minden esetben fedezni, ahogy ezt az Ibériai-félszigeten történt példátlan áramszünet is bebizonyította.²⁴ Ha még inkább megpróbáljuk elektrifikálni a nehézipari folyamatainkat, élen az acélgyártással, az súlyos ellátásbiztonsági kockázatot hordozhat magában. Ha gázüzemű erőművek segítségével próbáljuk meg áthidalni a problémát, akkor pedig a zöld célok elérése válik kérdésessé, nem beszélve a költségekről, amit a gáz világszintű áremelkedése indukálhat.

Összességében tehát a zöld acél nem csodaszer, hanem egy olyan hosszú távú megoldás, amely csak globális koordinációval, jelentős állami támogatásokkal és ipari szintű innovációval válhat valóban fenntarthatóvá. Ezzel szemben a jelenlegi retorika sokszor figyelmen

²⁰ Baynham 2025.

²¹ Iron and Steel Technology... 2020, 138–139.

²² Industrial Transformation 2050... 2019, 78.

²³ Hoffmann et al. 2020.

²⁴ Spain suffered multiple power incidents... 2025.

kívül hagyja az anyag- és energiamérleget, valamint a stratégiai kockázatokat. Intő jel lehet az ArcelorMittalnak, a világ második legnagyobb acélipari gyártójának tavalyi bejelentése, amely szerint elhalsztja európai zöldacél-beruházásait. A vállalat döntését az Európai Unió szabályozási bizonytalanságával, a szén-dioxid-kibocsátási határmechanizmus gyengeségével és a kínai acélimport okozta piaci nyomással indokolta.²⁵ Ha a kontinens mindenáron ragaszkodik nehéziparának zöldítéséhez, az hosszú távon nemcsak további versenyhátrányt idézhet elő, hanem súlyosan alááshatja az európai önvédelmi képességek visszaépítésének folyamatát is.

A GLOBÁLIS ACÉLGYÁRTÁS ALAKULÁSA

Az acélgyártás alakulásának mélyebb megértéséhez az *Our World in Data*²⁶ által közzétett nyers adatokat vettem alapul, amelyek lehetőséget nyújtanak a hosszú távú globális trendek vizsgálatára. Az adatokat a 6. ábra szemlélteti, amely a legfontosabb acélpiaci szereplők teljesítményét mutatja be, különös tekintettel az Európai Unióra, az Egyesült Államokra, Oroszországra és Kínára. Az EU esetében a jelenlegi, 27 tagállamból álló közösség aggregált adatait vettem figyelembe, ugyanakkor a 2000-es évek eleji statisztikák még a keleti bővítések előtti összetételt tükrözik. A 2000 és 2023 közötti időszakban a globális acéltermelés jelentősen nőtt: 2000-ben körülbelül 850 millió tonna volt, 2023-ra pedig megközelítette az 1900 millió tonnát. A növekedés döntő részét Kína adta, amely 2000-ben még marginális szereplőnek számított, 2010-re azonban már vezető globális termelővé vált, és 2020-ra a világ acéltermelésének több mint felét biztosította.

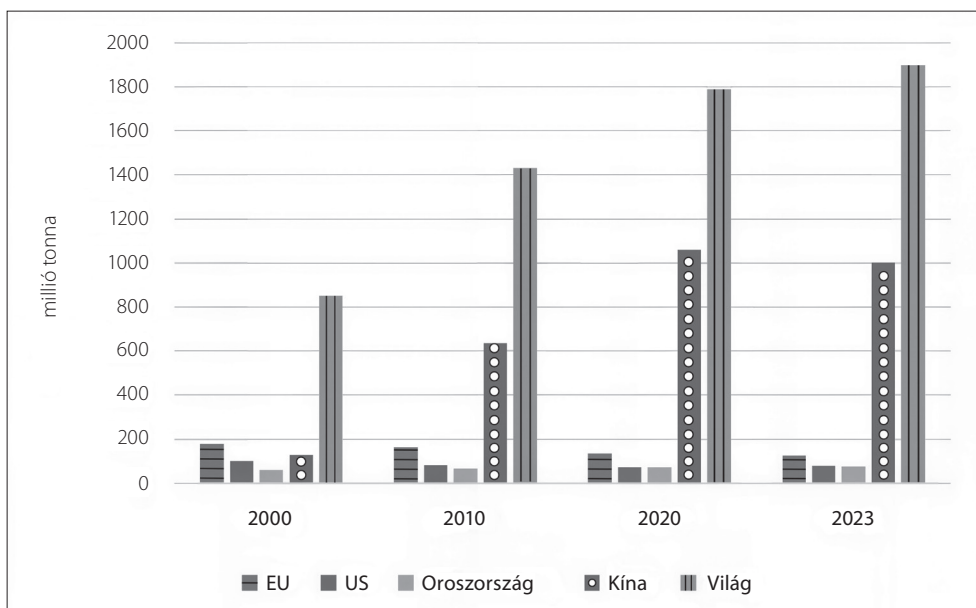
Az Európai Unió és az Egyesült Államok acélgyártása az elmúlt két évtizedben stagnált vagy csökkent. Az EU termelése 2000 után mérséklődött, majd 2020-ra és 2023-ra látványosan visszaesett. Az amerikai acélipar termelése szintén folyamatosan csökkent az ipari szerkezetváltás és a külpiaci versenyképességi gondok miatt. Oroszországban a kilencvenes évek válságát fokozatos növekedés követte, 2010-re helyreállt a termelés, majd 2020-ig stabilizálódott. A 2023-as adatok még nem jelzik egyértelműen a hadiipari mobilizáció hatásait, de a fegyverkezési igények jövőbeli hatása vizsgálatra érdemes. Kína előretörését az államilag vezérelt iparpolitika, a nagyszabású infrastrukturális fejlesztések és az exportra építő kapacitásbővítés tette lehetővé, így a globális termelési súlypont Ázsiába tolódott. Ez a nyugati országok számára komoly versenyképességi kihívásokat jelent a szigorodó környezetvédelmi szabályozások és a dekarbonizációs célok mellett.

Az ázsiai dominancia valódi súlyát az EUROFER²⁷ (2024) friss elemzése mutatja be a legélesebben, amely szerint a világ acéltermelésének mintegy 73,76%-a már Ázsiában koncentrálódik. Ez a földrajzi koncentráció nem csupán a kínai, hanem az indiai, a dél-koreai és a délkelet-ázsiai kapacitások robusztus bővülésének is köszönhető. Ezzel szemben Európa részesedése globális szinten 13,8%-ra zsugorodott, ám ez a szám önmagában félrevezető lehet: az EUROFER adatai szerint ugyanis ebbe a kategóriába sorolták Ukrajna és a Független Államok Közössége (Commonwealth of Independent States, CIS) tagországainak termelését is, amelyek politikai és gazdasági értelemben is egyre inkább „kívül” esnek az európai

²⁵ No business case for... 2025.

²⁶ Our World in Data – Steel production, 1943 to 2023.

²⁷ EUROFER 2024: i. m. 14.



5. ábra A globális acéltermelés alakulása (Szerkesztette a szerző)²⁸

integrációs térségen. Így az EU tényleges részesedése az acélgyártásban még alacsonyabb lehet, különösen, ha figyelembe vesszük a geopolitikai szakadások hatását az értékláncokra és a kapacitáskooperációra.

Ez a statisztikai torzulás az európai acélipar részesedésének túlbecsüléséhez vezet, és új aspektusból világít rá a nyugati ipar stratégiai kihívásaira. A mutatók mögötti valóság azt mutatja, hogy az Európai Unió iparpolitikai mozgástere folyamatosan szűkül. Az ágazat egyszerre szenved a globális versenynyomástól, amelyet az alacsony költségű, tömegtermelésre építő ázsiai kínálat erősít, valamint a belső zöld átállásból fakadó költségektől, amelyeket csak részben enyhítenek a derogációk és kompenzációs mechanizmusok. Az EU által bevezetett kettős teher következtében az európai acélipar súlyos válságba került, amely akár egy rendszerszintű ellehetetlenülés előszobája is lehet. Ebben a kontextusban a „nyugati tömb” acélipara, beleértve az EU-t és az Egyesült Államokat, egzisztenciális válságot él át, ahol a túlélés már nemcsak gazdasági, hanem stratégiai kérdés is.

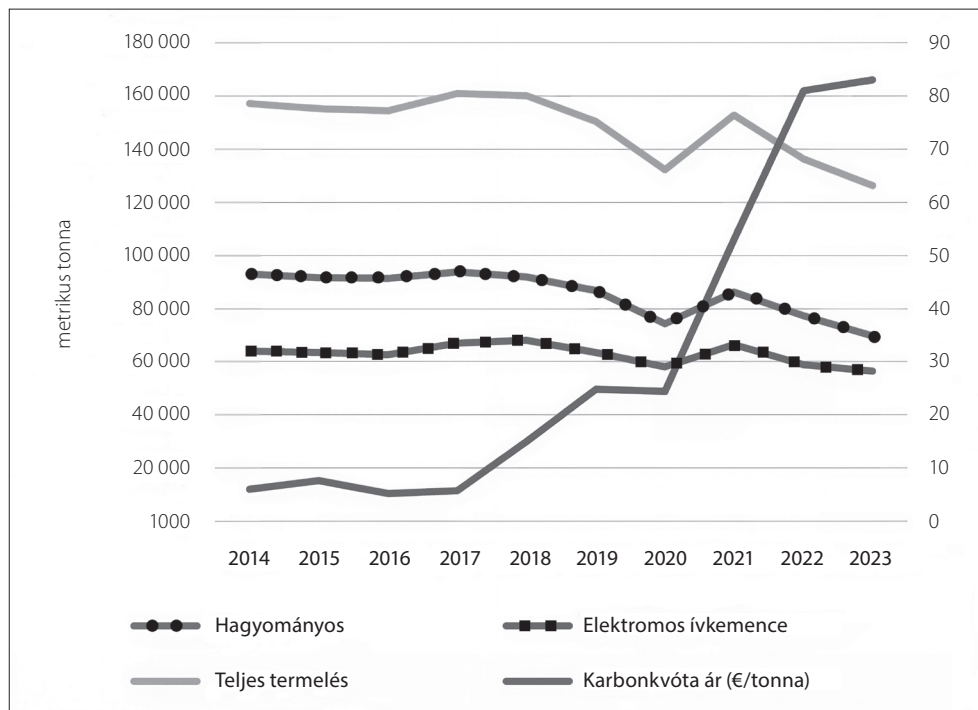
EURÓPAI KITEKINTÉS A DEKARBONIZÁCIÓ ÁRNYÉKÁBAN

Az európai acélgyártás helyzetét illetően az EUROFER²⁹ által közölt adatok különösen aggasztó tendenciára hívják fel a figyelmet. Figyelemre méltó, hogy a termelés tartós visszaesése éppen a Fit for 55 csomagról szóló tárgyalásokkal egy időben válik először egyértelműen láthatóvá. Bár a 2020-as évek elejét meghatározó Covid-19 világjárvány jelentős mértékben hozzájárult a kedvezőtlen folyamatokhoz. Az európai acéltermelés csökkenése

²⁸ Our World in Data – Steel production, 1943 to 2023: i. m.

²⁹ EUROFER 2024: i. m. 17.

már meghaladja a válságidőszak hatásait. Az európai acéltermelés tartós és strukturális jelleggel esik vissza egy olyan időszakban, amikor az uniós kibocsátáskereskedelmi rendszer (ETS³⁰) szigorítása önmagában még nem indokolná az iparág ekkora mértékű hanyatlását, hiszen az acélipar még bőséges ingyenes kvótát kapott.

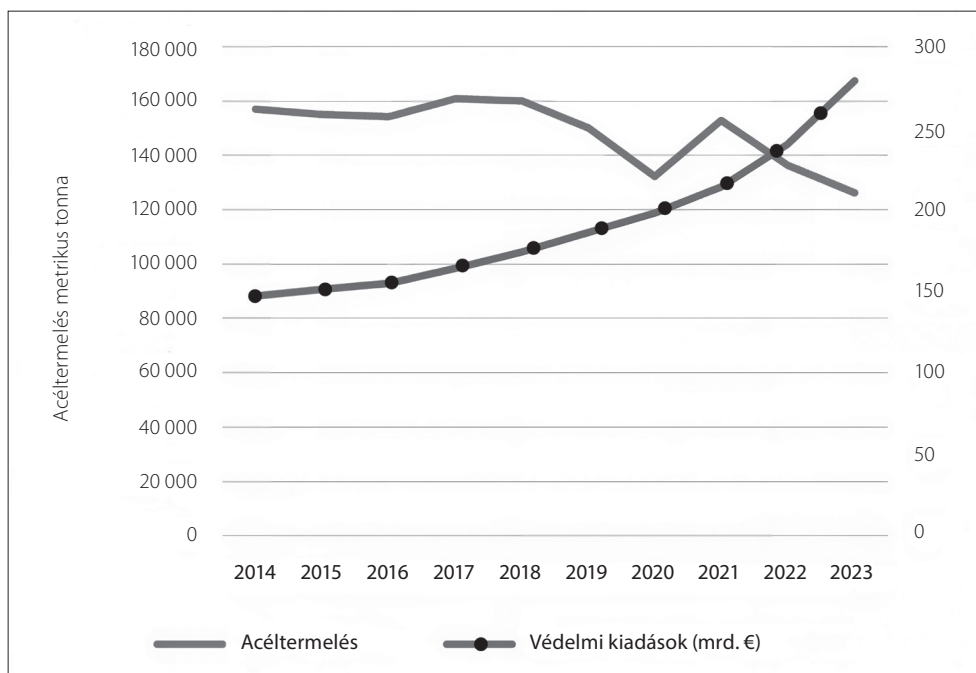


6. ábra Az európai acéltermelés alakulása³¹

A hagyományos nagyolvasztós és az elektromos ívkemencés eljárások egyaránt csökkenő vagy stagnáló trendet jeleznek. Ez arra utal, hogy a folyamat nem pusztán technológiai preferenciák átrendeződéséből, hanem mélyebb gazdasági és szabályozási tényezőkből fakad. A zöld átállás eddigi ösztönzői valójában inkább a termelési kapacitások leépítésére hatottak, miközben a derogációk sokáig kíméletesek voltak a nehéziparral, benne az acéliparral. Ha a jelenlegi trend folytatódik, az európai acéltermelés az évtized végére akár 30 százalékkal is csökkenhet. Az uniós klímapolitikai szigorítások, különösen az ETS és a CBAM, tovább gyorsíthatják a visszaesést, amely így a mostani prognózisokat is meghaladhatja. Bár a CBAM elméletileg kedvezhet a belső gyártás fennmaradásának, egyúttal jelentős kínálati szűkösséget idézhet elő az európai piacokon.

³⁰ EU Carbon Permits... 2025.

³¹ EUROFER REPORT 2024: i. m.



7. ábra Az európai acéltermelés³² és védelmi kiadások³³ paradoxona

Az acélárak emelkedése közvetlenül növeli a haditechnikai eszközök előállítási költségeit, ami különösen kritikus egy olyan időszakban, amikor regionális és globális szinten is felfutóban vannak a hadiipari beruházások. A 6. ábra jól mutatja az európai fegyverkezés ezzel kapcsolatos ellentmondásait. Reális forgatókönyv, hogy egyes államok a védelmi képességek gyors növelése érdekében inkább késztermékek importjára támaszkodnak, ami nem az európai ipar bázisán zajló fegyverkezést eredményezne. Ez nemcsak hatalmas költségekkel terhelné az uniós költségvetéseket, hanem hosszabb távon a kontinens stratégiai autonómiáját is gyengítené.

ANYAGHÁBORÚS ACÉLKÖLTSÉGEK

A 2022 februárjában kezdődő orosz–ukrán háború során az orosz haderő súlyos haditechnikai veszteségeket szenvedett el. Az Oryx OSINT³⁴ adatbázis alapján több mint 20 ezer harcjárművet veszített el az orosz fél, ami példátlan a modern háborúk történetében, ám intő jel lehet a jövőre nézve. Annak meghatározására, hogy az acélköltségek és -előállítás szintjén ez pontosan mit jelentene, létrehoztam egy hipotetikus „háborús” kosarat, amelybe az 5 meghatározó elvesztett eszköztípust helyeztem el, megjelölve azok tömegét.³⁵

³² Uo.

³³ Defence Data Portal – Aggregated Data 2014–2023.

³⁴ Attack On Europe... 2025.

³⁵ T-72B3 Russia Russian... 2025.

- Harckocsi (T-72B3) /46 tonna
- Páncélozott harcjármű (BMP-2) /14,3 tonna
- Általános célú gépjármű/teherautó (Ural-4320) /11,5 tonna
- Tüzérségi rendszer (2S19 Msta-S) /42 tonna
- Légvédelmi rendszer (9K33 Osa) /18 tonna

A háború első három évére vetítve a veszteségek a következőképpen alakultak a megjelölt típusbontásban az Oryx adatai szerint:

- T-72B3 – 2520 egység
- BMP-2 – 4680 egység
- Ural-4320 – 5625 egység
- 2S19 Msta-S – 930 egység
- 9K33 Osa – 465 egység

Az intenzitás hullámváza ellenére a demonstratív számításhoz a harci veszteségeket éves bontásban egyenlően osztottam el. Az így kapott veszteségi egységeket acélban számoltam, feltételezve, hogy az érintett eszközök tömegének legnagyobb része acélötvözet. Az éves acélszükséglet így körülbelül 98 320 tonna, három év alatt összesen mintegy 294 960 tonna, vagyis hasonló intenzitású konfliktus esetén ekkora acélmennyiséget kellene legyártani a veszteségek pótlásához.

A pótlási költségeket három különböző acéltípus esetében határoztam meg. A Transition Asia³⁶ és más iparági források³⁷ alapján határozták meg az acélárakat. Mivel ezek USD-ben voltak megadva, így 0,8825-as átváltási aránnyal számították át euro-értékre.

- Zöld acél (hidrogénalapú, EU-technológia) – 870 USD; 767,775 €
- Hagyományos európai szénacél / (BF-BOF-technológia) – 684 USD; 603,63 €
- Hagyományos orosz szénacél / (BF-BOF-technológia) – 500 USD; 441,25 €

Az 1 USD $\approx$ 0,8825 EUR (2025. május) árfolyama mellett három évre vetítve a teljes pótlási költség zöld acél esetén megközelíti a 226 millió eurót, míg az európai hagyományos acél alkalmazása 178 millió eurót, orosz szénacél mellett pedig 130 millió eurót eredményez. A zöld acél költsége így mintegy 74%-kal haladja meg az orosz szénacél költségét, a hagyományos európai acél pedig 37%-kal drágább az orosznál. Konfliktus esetén a hirtelen megnövekvő acélkereslet kínálati szűkösséget teremthet az európai piacon, és a CBAM miatt csak rendkívül magas árak mellett lenne reális behozatalra támaszkodni, ami tovább növelné az árakat minden vizsgált típust tekintve. Ugyanakkor az orosz acélárak a termelési szerkezetük és exportorientációjuk miatt háborús környezetben is alacsonyak maradhatnak, így a demonstratív pótlási költségek európai szempontból valójában magasabbak is lehetnek. A bemutatott költségszintek csak az acél „extra” gyártási terheit tükrözik; az energia, a munkaerő és az alkatrészlogisztika további költségeket ad hozzá, ezért egy orosz szintű európai harceszköz előállítási ára végső soron többszöröse lehet a pusztán acélköltség alapján számoltak. A dekarbonizáció hosszú távon elkerülhetetlen, de a jelen geopolitikai környezetben a termelési költségek versenyképessége közvetlenül befolyásolja a katonai potenciál fenntarthatóságát.

³⁶ Green Steel Economics 2024.

³⁷ Commercialization Outlook... 2024.

ÖSSZEGRÉS

A vizsgálat rámutatott arra, hogy az acél továbbra is a modern hadiipar egyik legfontosabb strukturális alapanyaga, mivel szinte valamennyi katonai platform szerkezeti elemeiben meghatározó szerepet tölt be. Stratégiai jelentőségét nem a ritkasága, hanem nélkülözhetetlensége és a felhasználás volumene adja, hiszen acél nélkül a katonai eszközök tömeges előállítását a legegyszerűbb technológiai megoldások mellett is ellehetetlenülne. Éppen ezért indokolt az acélra kiemelt figyelmet fordítani, jóllehet a jelenlegi kutatások elsősorban a ritkaföldfémekre koncentrálnak.

Az acélipari kapacitások ezért nem csupán gazdasági, hanem nemzetvédelmi szempontból is kulcsfontosságúak, egy elhúzódó konfliktusban pedig a gyártási kapacitások mérete és rugalmassága közvetlenül meghatározza az államok és szövetségi rendszerek védelmi potenciálját. A globális gyártókapacitások súlypontja egyre inkább Ázsiába helyeződik át, egy már évtizedek óta tartó tendencia eredményeként. Ennek következtében a világ gyártási kapacitásának több mint 70%-a jelenleg is Ázsiában koncentrálódik.

Ebből a szempontból különösen aggasztónak tekinthetők az Európai Unió nehézipari dekarbonizációs mechanizmusai, mindenekelőtt az ETS és a CBAM. Már pusztán bevezetésük is érezhetően rontotta az európai acélipar versenyképességét, termelési teljesítményét és beruházási hajlandóságát, mivel jelentős többletköltségeket rótt az ágazatra, miközben a nemzetközi versenytársakra nem, vagy csak jóval enyhébb formában vonatkoznak hasonló korlátozások. Az EU a jövőben várható további szigorításokkal tovább szűkíti az iparág mozgásterét, ami közép- és hosszú távon az európai hadiipar ellátásbiztonságát is veszélyeztetheti. Ez a probléma különösen súlyosnak tűnik a jelenlegi globális biztonságpolitikai környezetben, amely egy új fegyverkezési ciklus küszöbén áll. Ebben az összefüggésben felvetődik annak kockázata, hogy az európai iparpolitikai és klímapolitikai szabályozások olyan aszimmetrikus versenyhelyzetet idézhetnek elő, amely hátrányosan befolyásolja az Európai Unió stratégiai autonómiáját, illetve gyengíti a válsághelyzetekben szükséges gyors védelmi ipari kapacitásbővítés lehetőségeit. Az acélárak növekedése közvetlenül emeli a haditechnikai eszközök előállítási költségeit, így miközben a védelmi beszerzésekre fordított források növekednek, a drágábban előállítható eszközökből mégis kevesebb kerülhet beszerzésre. Ez a helyzet arra ösztönözhet egyes államokat, hogy a hazai kapacitásbővítés helyett késztermékek importjára támaszkodjanak, ami rövid távon ugyan gyorsabb megoldást jelent, hosszabb távon azonban jelentős költségekkel jár, és gyengíti Európa stratégiai autonómiáját.

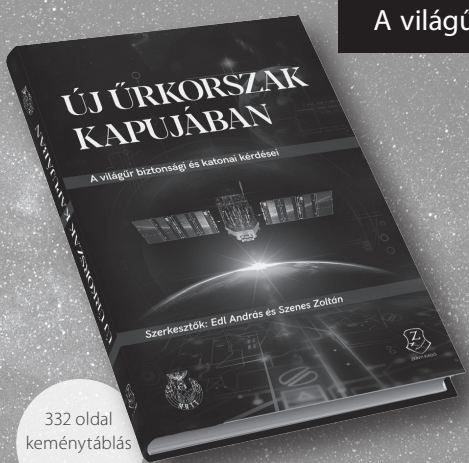
Egy demonstratív, hipotetikusan összeállított haditechnikai eszközkosár alapján végzett számítás szerint az európai zöld acél pótlási költsége mintegy 74 százalékkal haladta meg az orosz szénacélét. Ez azt jelzi, hogy bár az uniós klímapolitikai törekvések hosszú távon indokoltak, rövid távon érdemben csökkenthetik a védelmi ipar ellátásbiztonságát és költséghatékonyságát.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Attack On Europe: Documenting Russian Equipment Losses During The Russian Invasion Of Ukraine. Oryx, 2022. <https://www.oryxspioenkop.com/2022/02/attack-on-europe-documenting-equipment.html> (Letöltés időpontja: 2025. 08. 29.)
- *Az Európai Parlament és a Tanács (Eu) 2023/956 rendelete az importárúk karbonintenzitását ellensúlyozó mechanizmus létrehozásáról.* Az Európai Unió Hivatalos Lapja, L 130, 2023. 05. 16., 52–104. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R0956> (Letöltés időpontja: 2025. 06. 05.)

- *Az európai zöld megállapodás.* Európai Bizottság, 2019. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640> (Letöltés időpontja: 2025. 07. 11.)
- Baynham, Sharon: *US Tax Policy: The First Six Weeks of the Trump Administration.* KPMG UK, 2025. 03. 06. <https://kpmg.com/uk/en/insights/tax/tmd-us-tax-policy-the-first-six-weeks-of-the-trump-administration.html> (Letöltés időpontja: 2025. 05. 05.)
- Bickenbach, Frank et al.: *EU Concerns About Chinese Subsidies: What the Evidence Suggests.* Intereconomics, Vol. 59, No. 4, 2024, 214–221. <https://doi.org/10.2478/ie-2024-0044> (Letöltés időpontja: 2025. 07. 06.)
- China's 2024 Crude Steel Output Slips to Five-Year Low on Feeble Property Demand. Reuters, 17. 01. 2025. <https://www.reuters.com/markets/commodities/chinas-2024-crude-steel-output-five-year-low-weak-demand-2025-01-17/> (Letöltés időpontja: 2025. 07. 07.)
- Commercialization Outlook for Russian Steel: Development of Domestic Consumption and Search for New Markets. Yakov and Partners, 2024. 12. <https://yakovpartners.com/publications/commercialization-outlook-for-russian-steel/> (Letöltés időpontja: 2025. 07. 06.)
- Defence Data Portal. Total Defence Expenditure 2025. European Defence Agency. <https://eda.europa.eu/publications-and-data/defence-data> (Letöltés időpontja: 2025. 05. 14.)
- *Documenting the Wartime Effort: U.S. Steel and the Arsenal of Democracy.* Harvard Business School Library. <https://www.library.hbs.edu/us-steel/exhibition/documenting-the-wartime-effort> (Letöltés időpontja: 2025. 07. 02.)
- EU Carbon Permits. Trading Economics, 2025. <https://tradingeconomics.com/commodity/carbon> (Letöltés időpontja: 2025. 05. 20.)
- *EU Climate Targets: How to Decarbonise the Steel Industry.* European Commission, 2022. https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/eu-climate-targets-how-decarbonise-steel-industry-2022-06-15_en (Letöltés időpontja: 2025. 06. 03.)
- European Steel in Figures 2024. European Steel Association, Brussels, 2024. <https://www.eurofer.eu/assets/publications/brochures-booklets-and-factsheets/european-steel-in-figures-2024/EUROFER-2024-Version-June14.pdf> (Letöltés időpontja: 2025. 07. 03.)
- Girardi, Benedetta et al.: *Strategic Raw Materials for Defence: Mapping European Industry Needs.* The Hague Centre for Strategic Studies, 2023. <https://hcss.nl/wp-content/uploads/2023/01/Strategic-Raw-Materials-for-Defence-HCSS-2023-V2.pdf> (Letöltés időpontja: 2025. 06. 21.)
- Green Steel Economics – EU Factsheet. Transition Asia, 2024. <https://transitionasia.org/green-steel-economics-eu-factsheet/> (Letöltés időpontja: 2025. 05. 20.)
- Hoffmann, Christian et al.: *Decarbonization Challenge for Steel.* McKinsey & Company, 2020. <https://www.mckinsey.com/industries/metals-and-mining/our-insights/decarbonization-challenge-for-steel#/> (Letöltés időpontja: 2025. 07. 08.)
- Industrial Transformation 2050: Pathways to Net-Zero Emissions from EU Heavy Industry. Material Economics, Stockholm, 2019. <https://materialeconomics.com/publications/industrial-transformation-2050> (Letöltés időpontja: 2025. 05. 17.)
- Industry bets on clean steel: Brussels' industrial gamble. Politico, 2024. <https://www.politico.eu/article/industry-steel-eu-bets-clean-future-brussels-belgium-industrial-coal/> (Letöltés időpontja: 2025. 07. 06.)
- „Irány az 55%!” *Az EU 2030-ra vonatkozó éghajlat-politikai célkitűzésének megvalósítása a klímaseglegesség elérése érdekében.* Európai Bizottság, 2021. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0550>. (Letöltés időpontja: 2025. 07. 12.)
- Iron and Steel Technology Roadmap. IEA, Paris, 2020. <https://www.iea.org/reports/iron-and-steel-technology-roadmap> (Letöltés időpontja: 2025. 06. 21.)

- No business case for hydrogen-based green steel, says ArcelorMittal, despite being granted billions in subsidies. Hydrogen Insight, 06. 02. 2025. <https://www.hydrogeninsight.com/industrial/no-business-case-for-hydrogen-based-green-steel-says-arcelormittal-despite-being-granted-billions-in-subsidies/2-1-1776011> (Letöltés időpontja: 2025. 07. 05.)
- Spain suffered multiple power incidents in build-up to full blackout. Reuters, 02. 05. 2025. <https://www.reuters.com/business/energy/spain-suffered-multiple-power-incidents-build-up-full-blackout-2025-05-02/> (Letöltés időpontja: 2025. 08. 06.)
- T-72B3 Russia Russian Army main battle tank technical data sheet specifications pictures video. Army Recognition, 2024. <https://armyrecognition.com/military-products/army/main-battle-tanks/main-battle-tanks/t-72b3-russia-uk> (Letöltés időpontja: 2025. 07. 10.)



ÚJ ŰRKORSZAK KAPUJÁBAN
A világűr biztonsági és katonai kérdései

Szerkesztők: Edl András és Szenes Zoltán

332 oldal
keménytáblás
6500 Ft

ÚJ ŰRKORSZAK KAPUJÁBAN

A világűr biztonsági és katonai kérdései

A könyv kétéves kutatás eredményeit foglalja össze: tárgyalja a világűr általános biztonságpolitikai kérdéseit, országtanulmányokban értékeli a három nagy űrhatalom (Egyesült Államok, Oroszország, Kína) tevékenységét és a különböző térségek országainak űrpolitikáját, továbbá válogat az űrkutatás műszaki-technológiai kérdéseiből.

Szerzők: Várdai Mihail Istvanovics, Horváth Attila, Kövesi Csaba, Edl András, Gazdag Erika, Haiszky Edina Julianna, Szivák Júlia, Molnár Dóra, Rémai Dániel, Kim Mo Rang, Óvári Gyula, Nagy Gábor, Szenes Zoltán

A könyv olvasását a QR-kóddal elérhető zenei melléklet teszi élvezetesebbé.

A könyv a Zrínyi Kiadó webshopjában (shop.hmzrinyi.hu) vagy a kiadó könyv- és térképboltjában (1024 Budapest, Fillér utca 14.) **25% kedvezménnyel** vásárolható meg.