

Az Európai Unió klímapolitikájának hatása az EU acéliparára

The impact of the European Union's climate policy on the EU steel industry

NAGY CSENGE¹ , TASZNER ZOLTÁN² , GREGA OSZKÁR^{3,@} 

¹egyetemi hallgató, Miskolci Egyetem AVK, ²PhD, igazgató, Ózdi Acélművek Kft.,

³PhD, vezető szakértő, SteelTech-Center Hungary, Miskolc

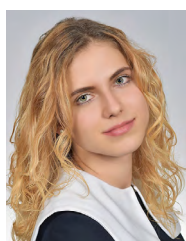
@E-mail: gregadroszkar@gmail.com

A dolgozat az Európai Unió klímapolitikai stratégiájának acéliparra vonatkozó elemeit vizsgálja. Áttekinti az EU acéliparának technológiai struktúráját, jelenlegi ÜHG-kibocsátását. Meghatározza az iparági követelmények teljesítéséhez szükséges ÜHG-csökkentés mértékét, valamint a megvalósuló technológiai átrendeződés alapanyagigényét, és a lehetséges technológiai arányváltoztatás módját, megoldási lehetőségeit.

Kulcsszavak: üvegházhatású gáz, acélgyártási technológia, ívkemence, acélhulladék, nagyolvasztó, nyersvas, klímapolitika

The article examines the elements of the European Union's climate policy strategy relevant to the steel industry. It reviews the technological structure and current greenhouse gas (GHG) emissions of the EU steel industry. It determines the extent of GHG reduction necessary to meet the industry requirements. It determines the raw material demand of the technological restructuring to be implemented and the method and solution options for possible technological ratio changes.

Keywords: greenhouse gas, steelmaking technology arc furnace, steel scrap, blast furnace, pig iron, climate policy



Bevezetés

Az Európai Unió Tanácsa 2011-ben ütemtervet állított össze 2050. évi céldátummal, amelyben meghatározta az „alacsony szén-dioxid-kibocsátású gazdaság” eléréséhez szükséges célszámokat. Ennek alapján az Európai Unió klímastratégiájának fő célkitűzése az uniós országok üvegházhatású gázkibocsátásának (ÜHG) csökkentése 2030-ig 55%-kal, további lépésként pedig az 1990. évi szinthez képest 2050-ig 80–95%-kal kell csökkenteni az ÜHG-kibocsátást [1].

Az EU Tanács, az Európai Parlament és az Európai Bizottság 2021. április 21-én háromoldalú megállapodásban rögzítette az Európai Unió Tanácsának 2011. évi ütemtervét, azaz a 2030-as klímacélt, amely a jelenlegi technológiai szint ismeretében komoly feltételeket támaszt az acéliparral szemben, különösen, ha a versenyképességi feltételekre is figyelemmel tekintünk.

A 2030-ig szóló keret új célokat és intézkedéseket tartalmaz, amelyek arra irányulnak, hogy az EU gazdasága és energiaellátási rendszere versenyképesebbé, biztonságosabbá és fenntarthatóbbá váljon. A keret részleteiben az alábbiakat tartalmazza [2]:

- ❑ kötelezettséget kell vállalni az ÜHG kibocsátásának további csökkentésére, és 2030-ig az 1990-es szinthez képest 40%-kal kell csökkenteni a kibocsátást;
- ❑ a felhasznált energia legalább 27%-ának megújuló forrásból kell származnia, mindemellett a tagállamok számára kellő rugalmasságot kell engedélyezni nemzeti célértékek megállapítására;
- ❑ az energiahatékonyságról szóló irányelv esetleges módosítása révén javítani kell az energiahatékonyságot;
- ❑ egy piaci stabilitási tartalék létrehozása céljából meg kell reformálni az uniós kibocsátás-kereskedelmi rendszert;
- ❑ az energiaárakra, az energiaellátás diverzifikálására, a tagállamok energiahálózatainak összekapcsolására és a technológiai fejlesztésekre vonatkozó kulcsmutatókat kell kidolgozni a versenyképesebb, biztonságosabb és fenntarthatóbb energiarendszer irányában tett előrehaladás mérésére.

Az Eurofer iparági bázisként a 2018. évet jelölte meg, így ennek az évnek a kibocsátási szintjét kell 30%-kal csökkenteni a 2030. évi kibocsátási szint eléréséhez.

A bemutatott intézkedések számos technológiai beavatkozást követelnek az acéliparttól. Az bizonyos, hogy a klímacél az integrált technológiát működtető

acélművek számára kihívást jelent, és megnöveli az acélhulladék iránti keresletet.

Dolgozatunkban a bemutatott feltételrendszer elemei közül főképpen az ÜHG-kibocsátás csökkentésével összefüggő problémakört tekintjük át kitekintve az energetikai kérdésekre.

A jelenlegi ismeretek birtokában áttekintjük az EU acéliparának technológiai szerkezetét, meghatározzuk a technológiáinként kibocsátott szén-dioxid mennyiségét, valamint vizsgáljuk a rendelkezésre álló alapanyagok mennyiségét, az esetlegesen szükségessé váló pótlás lehetőségeit. Az eredmények alapján megvizsgáljuk, hogy a folyamatban lévő és tervezett klímapolitikai acélipari fejlesztések milyen mértékben elégítik ki a megváltozott struktúra követelményeit.

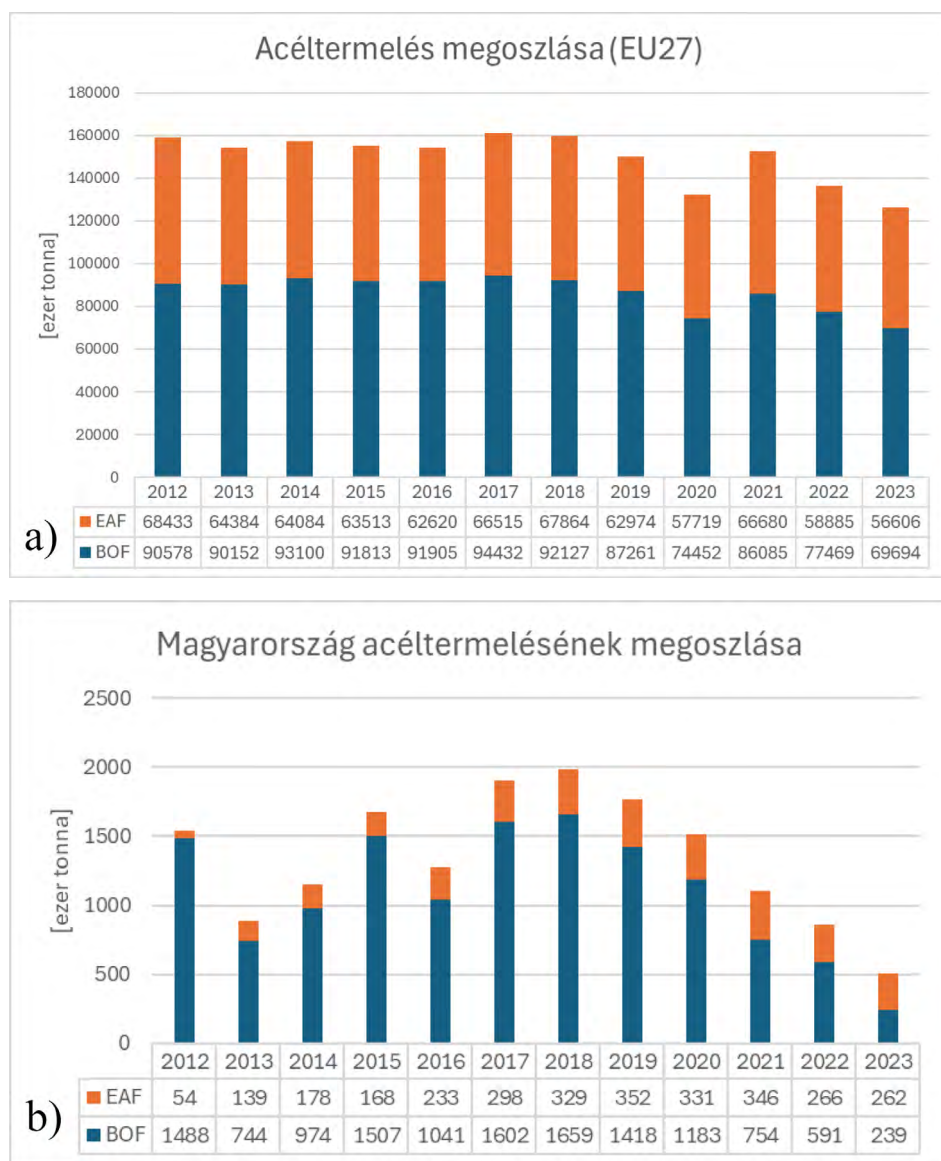
Az EU acéliparának technológiai szerkezete, az elérendő ÜHG-kibocsátás 2030-ig

Az üvegházhatású gázok kibocsátásával kapcsolatban általában az acélipart nevezik nagy kibocsátónak, mivel a világ energiafelhasználásában 7%-kal, míg ÜHG-kibocsátásban 9%-kal részesedik. Nincs egyedül az acélipar, ha a társ alapanyaggyártó technológiákkal hasonlítjuk össze. Az alumíniumkohászat energiafelhasználásban 1%-kal, ÜHG-kibocsátásban 2%-kal részesedik, ezek az értékek a cementipar esetében 5 és 8%, a műanyagiparnál 3 és 4%. Ha figyelembe vesszük, hogy az értékek a termelt alapanyagok mennyiségeire vonatkoznak, akkor az acélipar részesedése már barátságosabb, hiszen a legnagyobb volumen képviseli.

Európa acélipara kimutathatóan 1960 óta napjainkig 50%-kal csökkentette a kibocsátott szén-dioxid mennyiségét. Ezt az eredményt – elsősorban az energiafelhasználás csökkentése érdekében – számos, folyamatos innovációgazdag technológiai fejlesztéssel sikerült elérni. Fentiekből következően az energiafelhasználás az elméletileg lehetséges határ közelében van, így az ÜHG-kibocsátás csökkentésének ezen módja kizárható.

Az uniós célkitűzések acéliparra vonatkozó szükséges intézkedéseinek definiálása a jelenleg alkalmazott két meghatározó technológia sajátosságainak ismeretében lehetséges. Az integrált (nagyolvasztó, oxigénes konverter), azaz a BOF-technológia alapvető energiafogyasztó eleme a technológiai hőmérséklet biztosítása mellett a redukció, amely egyben az ÜHG-kibocsátás szempontjából is meghatározó, míg az úgynevezett miniacélműves, villamos ívkemencés EAF-eljárás ezt a technológiai lépést nélkülözi.

A két alapvető technológiával gyártott acél mennyiségét és technológiák szerinti megoszlását az EU és Magyarország esetében az 1. ábra mutatja [3].

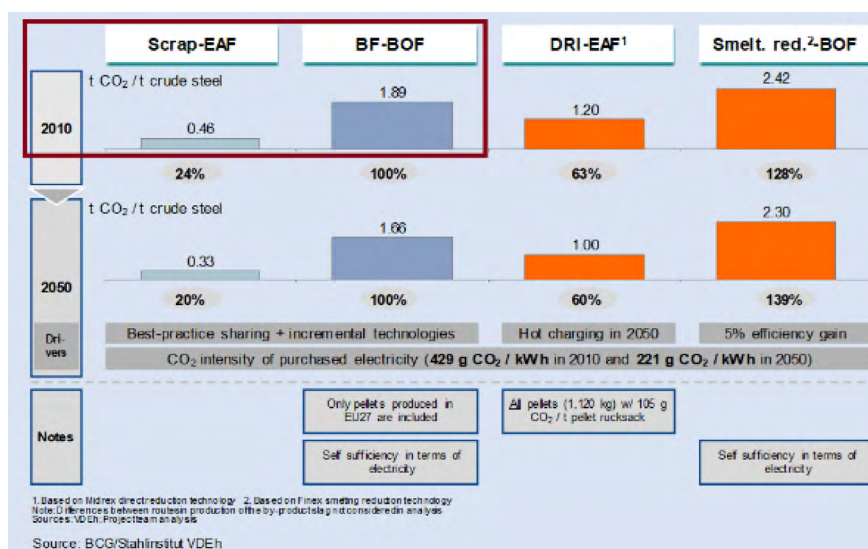


1. ábra. Az acélgyártási technológiák megoszlása az EU-ban (a) és Magyarországon (b)

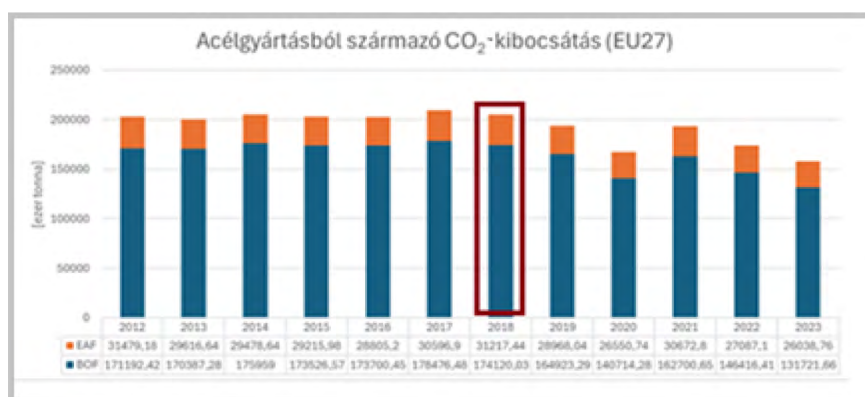
A direktíva 2011-es megjelenése óta a két technológiával gyártott acél mennyiségében és arányában lényeges változás nem történt, így az adott időszakban az ÜHG-kibocsátás csökkentése érdekében érdemi lépések az EU átlagában nem történtek. A kismértékű arányváltozás az EAF javára, főképpen a BOF-úton gyártott acél mennyiségének csökkenéséből adódik, azonban ez a változás nem az ÜHG-csökkentés érdekében történt, hanem főképpen piaci és strukturális mozgások eredménye. A magyarországi változás (1a. ábra) specifikus vállalati struktúra átalakulásának a következménye.

A két technológia kibocsátási értékei különböző szakirodalmi elemzésekben lényeges eltéréseket mutatnak, amely az ÜHG-kibocsátás megközelítési koncepciójából következik, és ebből következően a szakelemzések elég széles intervallumban eltérő értékeket használnak.

Az EAF-technológia alapvetően nem jár ÜHG-kibocsátással. A habos salak képzéséhez szükséges karbonhordozó, és a grafitelektróda oxidációja során keletkező CO_2 képezi az ÜHG-kibocsátás meghatározó részét, amelyhez a segédüzemi berendezések működtetésekor keletkező elenyésző mennyiségű CO_2 adódik. Konceptcionális – azonban az acélipar klímastratégiai helyzetének megítélése szempontjából lényeges – kérdés, hogy ehhez az értékhez hozzáadódik-e a felhasznált villamos energia előállításakor keletkező ÜHG, vagy ez a mennyiség az energiaipart terheli. Ebből a dilemmából adódhat, hogy különféle elemzések összevetése során az EAF fajlagos ÜHG-kibocsátásánál 0,16 és 0,65 közötti értékekkel találkozunk. EAF-technológiával működő alapacélt gyártó acélmű öt éves, hatósági bevallás szerinti átlagos technológiai eredetű fajlagos ÜHG-kibocsátása 0,08 t CO_2 /t acél [4]. Az MVM Mátrai Erőmű adat-



2. ábra. Technológiai kombinációk ÜHG-kibocsátása [5]



3. ábra. ÜHG-kibocsátás az EU-ban

szolgáltatása szerint egy kWh villamos energia előállításához 0,35 kg CO₂-kibocsátást eredményez (Eurofer-adat: 0,43). Ezzel az értékkel és az említett acélmű átlagos fajlagos villamosenergia-felhasználásával számolva, a technológiai és villamosenergia-előállítási eredetű fajlagos ÜHG-kibocsátás 0,2 CO₂ t/t acél.

További számításainkhoz azonban az Eurofer-BCG erre vonatkozó elemzéséből származó, a 2. ábra keretében látható kibocsátási értékeket alkalmazzuk [5].

Az iparági direktíva szerint a 2018. évi 205 337 kt ÜHG-kibocsátás csökkentendő 30%-kal, azaz 137 686 kt-val. Mint az 1. táblázatból látható, a kibocsátás 2023-ban 157 760 kt volt, ami 47 577 kt csökkenést jelent 2018-hoz képest. Ez a csökkenés azonban nem a klímapolitikai követelmények érdekében végrehajtott intézkedések, hanem főképpen a termelés csökkenéséből, kisebb részben a technológiai arányok mintegy 3%-os változásának az eredménye.

1. táblázat. Az EU acéltermelési és emissziós adatai

Év	Termelés, kt	BOF		EAF		CO ₂ , kt		
		%	kt	%	kt	BOF	EAF	Összes
2018	159 991	58,5	92 127	41,5	67 864	174 120	31 217	205 337
2019	150 235	59,1	87 261	40,9	62 974	164 923	28 968	193 891
2020	132 171	57,6	74 452	42,4	57 719	140 714	26 551	167 265
2021	152 765	56,1	86 085	43,9	66 680	162 701	30 673	193 373
2022	136 354	56,3	77 469	43,7	58 885	146 416	27 087	173 504
2023	126 300	55,2	69 694	44,8	56 606	131 722	26 039	157 760

2. táblázat. Struktúraváltozás az EU acéliparában 2030-ig

2023		Termelés, kt	BOF		EAF	
			kt	%	kt	%
Struktúra-változás	előtt	126 300	69 694	55,2	56 606	44,8
	után		60 468	47,9	65 832	52,1
		arányváltozás, +/- %	-13,2		16,3	

Felvetődik a kérdés, hogy a csökkentendő 61 601 kt kibocsátást az aktuális év mennyiségéből, esetünkben a 2023. évi 157 760 kt mennyiségéből kell-e számítanunk, vagy a számításban figyelembe vendő a 2018–2023 időszakban bekövetkezett 47 577 kt csökkenés. A kettő közötti különbség 14 024 kt, azaz jelentős érték.

Az *la. ábrán* az látszik, hogy az EU összes acéltermelése 2018-tól egy év (2021) kivételével folyamatosan csökken. Feltételezve, hogy ez a tendencia nem folytatódik, és nem is növekszik az acéltermelés, akkor a 14 024 kt csökkentendő CO₂-kibocsátás vonzataival kell foglalkoznunk. Ha ezt a csökkentést első közelítésben az integrált (BOF) technológia kapacitáscsökkentésével akarjuk elérni, akkor az integrált kapacitást $14\,024/1,89 = 7\,420$ kt-val kell csökkenteni, ami az EAF-kapacitást fogja ugyanennyivel növelni. Figyelembe kell vennünk azonban ennek a többlet-EAF-kapacitásnak az ÜHG-kibocsátását, amelyet ugyancsak az integrált kapacitásból kell megoldanunk. Az így kialakuló technológiai struktúra az EAF-kapacitást 9 226 kt-val növeli, párhuzamosan ugyanennyivel csökken az integrált technológia része-

sedése. Ennek a EAF-úton előállított többletacélnak az alapanyag (acélhulladék) igénye 10 150 kt.

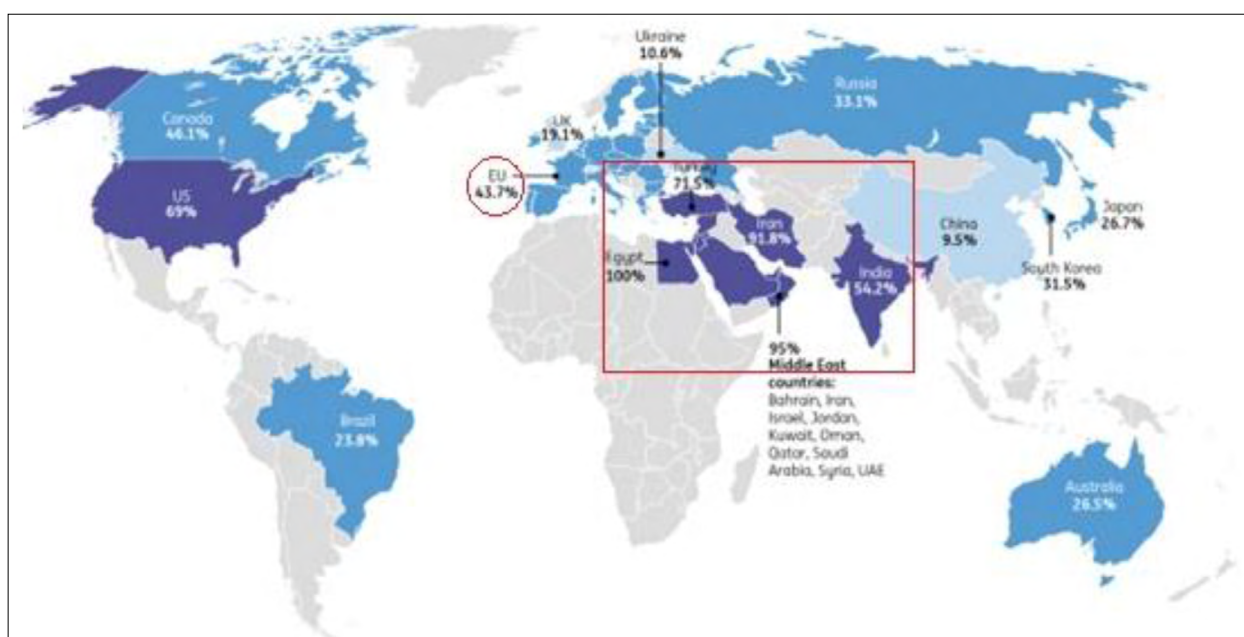
Tehát, amennyiben a 2030-ig elerendő ÜHG-csökkentést a BOF-EAF-technológia arányváltozással kívánjuk elérni, a többlet betétigény (acélhulladék) 10 150 000 tonna.

A rendelkezésre álló betét (acélhulladék) mennyisége

A szükséges ÜHG-kibocsátás csökkentéshez 9 226 kt acél termelését kell az integrált technológiáról az EAF-technológiára konvertálni. Ez a változás a 2. táblázatban látható strukturális átrendeződést eredményez az EU acéliparában.

A technológiai arányváltozás többlet-betétigényének rendelkezésre állásához Európa, de elsősorban az EU acélhulladék áramlási viszonyait kell megvizsgálunk.

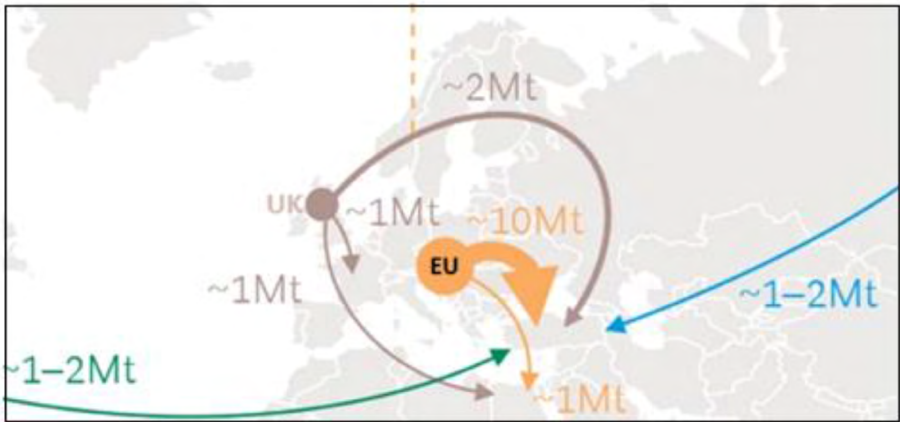
Az EU acélhulladék-potenciálja szempontjából figyelemre méltóak azok az országok, amelyek logisztikai közelségben és meghatározó EAF-részesedéssel bírnak a 4. ábra keretezett részében, a megfelelő volumen értékek pedig a 3. táblázatban láthatók [6].



4. ábra. Acélgyártási technológiai arányok a világ országaiban

3. táblázat. Acélgyártó technológiai mennyiségek és arányok (Megjegyzés: A 4. ábra és 3. táblázat adatai közötti kisebb eltérés a hivatkozások közötti különbségből következik)

	BOF, kt	EAF, kt		BOF, kt	EAF, kt
	mennyiség		hull.-igény	%	
Törökország	10 011	25 123	27 635	28,5	71,5
Egyiptom	0	9 819	10 801	0,0	100,0
Irán	3 150	27 440	30 184	10,3	89,7
Közel-kelet	3 150	49 679	54 647	6,0	94,0
Összesen	16 311	112 061	123 267	12,7	87,3
India	57 879	67 499	74 249	46,2	53,8



5. ábra. Az EU acélhulladék-exportjának célpiacai

Az EAF-termelés globális növekedése értelemszerűen növekvő hulladékfelhasználást eredményez, ezért fokozott figyelmet igényel az EU acélhulladék-kereskedelme.

A 4. ábra tükrében az 5. ábrán az EU-ból exportra kerülő acélhulladék célországait tüntettük fel. Mint látható, meghatározó a törökországi célpiac, továbbá kisebb mennyiségben Egyiptom. 2022-ben az EU teljes acélhulladék-exportja 43,5 Mt, importja 31,3 Mt volt, azaz 12,2 Mt nettó export jelent meg. Ez az exportált mennyiség értelemszerűen főképpen Törökországba irányult.

Összességében a meglévő termelési, technológiai aránymegoszlási és acélhulladék-forgalmazási adatok tükrében az mondható, hogy kellő figyelemmel és bi-

zonyos szabályozó intézkedésekkel a jelenlegi termelési szintnek megfelelően az EU acélhulladék ellátása egyensúlyban van. Ennél az elemzésnél figyelmen kívül hagytuk az acélhulladékok minőségével szemben a felhasználók által igényelt követelmények szigorodását és specifikusságát, amelynek a teljesítése a hulladékbegyűjtő, -előkészítő struktúrában jelentős fejlesztéseket igényel, növelve az acélhulladékok árát.

A szükséges technológiai arányváltoztatás lehetőségei

A 2. táblázat adatai azt mutatják, hogy az EU acéliparának technológiai szerkezete – az ÜHG-csökkentés bemutatott módszere szerint – gyökeresen megválto-

4. táblázat. Acélgyártó vállalkozások EU I.

Acéltermelés					
2023	BOF	EAF	Összesen	BOF	EAF
	kt			Acéltermelés, %	
Ausztria	6 440	660	7 100	90,70	9,30
Belgium	4 089	1 811	5 900	69,30	30,70
Bulgária	0	500	500		100,00
Horvátország	0	200	200		100,00

4. táblázat. (folyt.)

Acéltermelés					
2023	BOF	EAF	Összesen	BOF	EAF
	kt			Acéltermelés, %	
Csehország	3 250	150	3 400	95,60	4,40
Németország	25 594	9 806	35 400	72,30	27,70
Finnország	2 356	1 444	3 800	62,00	38,00
Franciaország	5 920	4 080	10 000	59,20	40,80
Görögország	0	1 200	1 200		100,00
Magyarország	262	239	500	52,30	47,70
Olaszország	2 996	18 104	21 100	14,20	85,80
Luxemburg	0	1 900	1 900		100,00
Hollandia	4 700	0	4 700	100,00	0,00
Lengyelország	3 123	3 277	6 400	48,80	51,20
Portugália	0	2 000	2 000		100,00
Románia	851	749	1 600	53,20	46,80
Szlovákia	3 960	440	4 400	90,00	10,00
Szlovénia	0	500	500		100,00
Spanyolország	3 203	8 197	11 400	28,10	71,90
Svédország	2 950	1 350	4 300	68,60	31,40
EU 27	69 694	56 606	126 300	55,20	44,80
Összes					

zik, az integrált BOF technológia részesedése 50% alá csökken. Ezzel összefüggő további stratégiai döntés a technológiaváltás tételes megoldása. Erre vonatkozóan

szükséges megvizsgálni az EU egyes országai technológiai szerkezetének (4. táblázat), azon belül pedig a vállalati/területi megoszlás részleteit (5. táblázat).

5. táblázat. Acélgyártó vállalkozások EU II.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Ország	Üzem	Nagyolvasztó-kapacitás	Összes kész- acél-kapacitás	Nagyolvasztók száma	Nyersvas- termelés, kt/no/év	Feltételezett acéltermelés, kt/év
		Mt/év				
Austria	Donawitz	1 370	1 570	2	685	1 713
	Linz	4 340	6 000	3	1 447	5 425
Belgium	Ghent	4 430	5 000	2	2 215	5 538
Cseho.	Ostrava	3 200		3	1 067	4 000
	Trinec	2 100	2 400	2	1 050	2 625
Finno.	Raahe	2 400	2 600	2	1 200	3 000
Franciao.	Dunkerque	6 800	6 750	3	2 267	8 500
	Fos-Sur-Mer	5 160	5 100	2	2 580	6 450
Németo.	Brema	3 960	3 800	2	1 980	4 950
	Dillingen	4 790	2 760	2	2 395	5 988
	Duisburg	11 600	11 560	4	2 900	14 500
	Eisenhüttenstadt	2 340	2 400	2	1 170	2 925
	Salzgitter	4 800	5 200	2	2 400	6 000
	Völklingen		3 240		XXX	XXXXXX
Magyaró.	Dunaújvaros	1 310	1 650	2	655	1 638

5. táblázat. (folyt.)

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Ország	Üzem	Nagyolvasztó-kapacitás	Összes kész- acél-kapacitás	Nagyolvasztók száma	Nyersvas- termelés, kt/no/év	Feltételezett acéltermelés, kt/év
		Mt/év				
Olaszo.	Taranto	9 590	11 500	4	2 398	11 988
Hollandia	Ijmuiden	6 310	7 500	2	3 155	7 888
Lengyelo.	Dabrowa Gornica	4 500	5 000	2	2 250	5 625
	Krakkó	1 310	2 600	1	1 310	1 638
Románia	Fgalati	3 250	3 200	2	1 625	4 063
Szlovákia	Kassa	2 850	4 500 (3 900)	2	1 425	3 563
Spanyolo.	Aviles		4 200		XXX	XXXXXXX
	Gijon	4 480	1 200	2	2 240	5 600
Svéd.	Lulea	2 200	2 200	1	2 200	2 750
	Öxelesund	1 800	1 700	2	900	2 250
UK	Port Talbot	4 770	4 900	2	2 385	5 963
	Scunthorpe	3 590	3 200	3	1 197	4 488

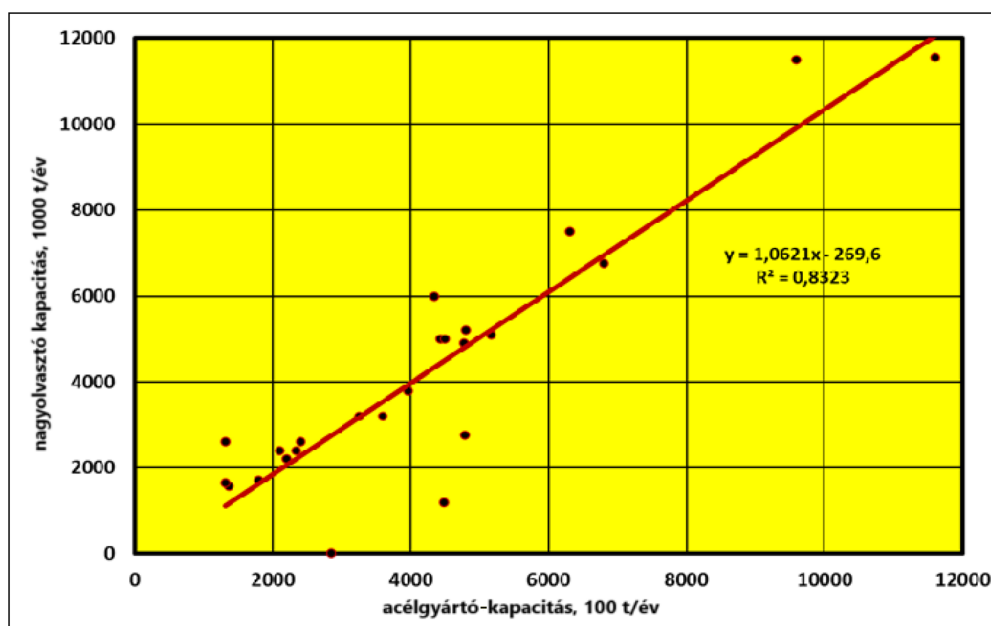
Az 5. táblázatban az egyes helyszíneken működő integrált acélművek kapacitásadatait látjuk. Az értékekből észszerűen a nagyolvasztó-acélgyártó kapacitás összefüggését a 6. ábra mutatja.

Az összefüggés szorosságát a 0,9 értékű regressziós együttható jelzi, ami közel analitikus összefüggésre utal, amely triviálisnak is mondható, azonban, ha a két technológiai lépés további összefüggéseit vizsgáljuk, részletesebb megállapításokat tehetünk.

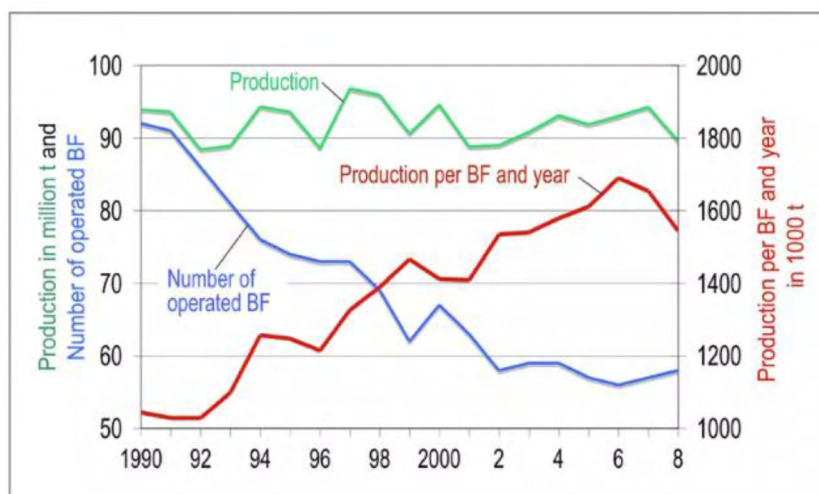
Az 5. táblázat és a 3. ábra adatainak felhasználásával korábbi termelési, technológiai trendek elemzése alapján lehet elképzelni a struktúraátalakítás módját [7].

A világ acéliparában 1985–2010 időszakban nagyolvasztós nyersvasgyártásban a következő kapacitásváltozások történtek:

- 115 nagyolvasztó leállításával megszűnt 75,2 Mt kapacitás;
- létesült 34 nagyolvasztó 56,4 Mt kapacitással, azaz:
 - megszűnő átlagos kapacitás: 0,65 Mt/év/nagyolvasztó,
 - létesített átlagos kapacitás: 1,7 Mt/év/nagyolvasztó.



6. ábra. A nagyolvasztó-acélgyártó kapacitás összefüggése az EU-országokban, integrált acélművekben



7. ábra. A nagyolvasztós nyersvasgyártás kapacitás-változása 1990 és 2008 között

Az EU acéliparában ezen időtávon belül az 1990 és 2010 között a következő technológiai, technológia-fejlesztési, piaci, termékszerkezeti változások történtek:

- 2010-ben 26 integrált acélmű működött nagyolvasztós alapanyaggyártással, ez a szám 1990-ben 45 volt;
- 10 leállított integrált acélmű kapacitásának jelentős részét elektroacélmű-bázison építették újjá;
- a megmaradt működő összes nagyolvasztói kapacitás 79 Mt/év, ezt a kapacitást 37 nagyolvasztó képviseli. A két adatból következik, hogy
 - az átlagos nagyolvasztó kapacitás 2,13 Mt/év,
 - ami hipotetikusán 3 550 m³ térfogatú nagyolvasztót feltételez.

Ezeket a megállapításokat támasztja alá az European Blast Furnace Committee 1990 és 2008 közötti időszakra vonatkozó összesítése (7. ábra).

A bemutatott jelenségek alátámasztják az egyébként látható törekvéseket a nagyolvasztók térfogatának növelésére, különösen a nagy kapacitású integrált acélművekben. A törekvés a termelékenység növelését, a költségek, energiafelhasználás, tűzállóanyag-felhasználás, valamint az ÜHG-kibocsátás csökkentését célozza.

A 2,13 Mt/év átlagos nagyolvasztó-kapacitásból kiindulva a feltételezett konverteres továbbfeldolgozás 2,7 Mt folyékony acélt eredményez, tehát a 3,0 Mt/év acéltermelési kapacitás alatti BOF-acélművek átalakítása ésszerű EAF-technológiára. Ezeket az üzemeket a 4. táblázatban emeltük ki. A kijelölt művek összes acélgyártó kapacitása 13 900 kt, ami bőven fedezi a számított 9 226 kt csökkentendő BOF-kapacitást.

Következtetés

Az Európai Unió klímapolitikai intézkedései szerint az EU acéliparában 2030-ig szükséges ÜHG-kibocsátás csökkentését vizsgáltuk. Az elérni kívánt kibocsátási szint megvalósítható a két meghatározó – BOF- EAF – acélgyártási technológia arányváltoztatásával. A BOF-technológia arányának csökkentésével szükségesé váló EAF-technológia bővítésének eredményeként megjelenő többlet-acélhulladék igényt az EU jelenlegi nettó acélhulladék-exportja biztosíthatja. A technológiai beavatkozás mindenképpen igényli az EU szintjén szükségessé váló, az eredményt előidéző ösztönző, szabályozó, esetleg finanszírozási rendszer kidolgozását.

A 2030 után szükséges ÜHG-csökkentés megvalósításához mindenképpen szükségessé válik a zöld technológiák bevezetése mind a redukciós technológiák, mind az energiaellátás területén, amelynek részletei azonban ennek a dolgozatnak a kereteit meghaladják.

Köszönetnyilvánítás

A jelen kutatási témát a Miskolci Egyetem Steel-Tech-Center Hungary projektje támogatja. This research is supported by the SteelTech-Center Hungary project of University of Miskolc.

Irodalom

- [1] eur-lex.europa.eu/HU/legal-content/summary/moving-towards-a-low-carbon-economy-in-2050.html
- [2] Low carbon roadmap pathways to a CO₂-neutral European steel industry, Final. November 2019.
- [3] Steel Statistical Yearbook 2023. worldsteel
- [4] ÓAM ÜHG-mérleg 2015-2019.
- [5] Eurofer-Boston Consulting Group – 2013. június
- [6] worldsteel-elemzés
- [7] Saját elemzések