**Fazekas András István[[1]](#footnote-1)**

**A fosszilis eredetű szén-dioxid-kibocsátást generáló fő hajtóerők a világban**

A Föld felmelegedésével, a klímaváltozással kapcsolatos problémák napjainkban a legsúlyosabb globális problémák közé tartoznak. A probléma kezelése, megoldása, a helyes cselekvési stratégia meghatározása szempontjából alapvető fontosságú kérdés annak megválaszolása, hogy milyen tényezők befolyásolják a (fosszilis tüzelőanyagokból származó) szén-dioxid-kibocsátás alakulását a világban? Vagyis milyen hajtóerők játszanak ebben meghatározó szerepet és mekkora ezen befolyásoló tényezők (= hajtóerők) súlya a kibocsátás alakulásában, milyen tendenciák jellemzik a kibocsátás, és ezen hajtóerők alakulását?

A globális szén-dioxid-kibocsátás alakulását „befolyásoló tényezők”, vagy más néven „hajtóerők” alatt olyan folyamatok értendők, amelyek ok-okozati összefüggésben, és ebből következően valamilyen irányban szoros korrelációban vannak a globális szén-dioxid-kibocsátás alakulásával. Példaképpen: a világ népességének alakulása alapvető hajtóerő, hiszen minden energiatermelés és energiafelhasználás (ami a légkörbe kerülő szén-dioxid-kibocsátás egyik legfőbb okozója) ─ közvetve vagy közvetlenül ─ emberi igények kielégítését szolgálja. Vannak azonban olyan hajtóerők is, amelyek ellenkező hatással bírnak a globális szén-dioxid-kibocsátás alakulására, azaz csökkentik azt. Az energiaátalakítás hatásfokának javulása példaképpen csökkenti a CO2-kibocsátást, hiszen a hatékonyabb energiatermelés/energiafelhasználás azt jelenti, hogy egységnyi hasznos energia kinyeréséhez kevesebb energiát kell átalakítanunk, következésképpen a közvetlen vagy közvetett CO2-kibocsátás is kevesebb lesz. Ugyanilyen hatással bír az energiatermelés technológiájának változtatása is. A szélerőművi villamosenergia-termelés közvetlen szén-dioxid-kibocsátása zérus, azonban közvetett szén-dioxid-kibocsátása ennek az energiatermelési technológiának is van, hiszen a fél Eiffel-torony magasságú szélerőművek megépítése óriási mennyiségű acél, műanyag és beton felhasználásával jár. Ezen anyagoknak az előállítása pedig igen jelentős mértékű, elkerülhetetlen CO2-kibocsátást eredményez. Tény azonban, hogy ha ezen erőművek életciklusuk során termelt összes energiájára vetítjük a kibocsátott CO2 mennyiségét, akkor még mindig kedvezőbbek ezek az erőművek ebből a szempontból, mint például a szén tüzelőbázisú erőművek.

Nem szorul bizonyításra, hogy gyakorlatilag végtelen sok tényező befolyásolja a globális szén-dioxid-kibocsátás alakulását. Nem belemenve ezen kérdéskör elméleti vizsgálatába, ebben az áttekintő összefoglalásban az *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*, *(Éghajlatváltozási Kormányközi Testület)* jelentéseiben szereplő hajtóerők szerepét, súlyát vizsgáljuk. Széles körű tudományos konszenzus van abban kérdésben, hogy a globális szén-dioxid-kibocsátást növelő legfontosabb (= legnagyobb súlyú) hajtóerő a világ népességének alakulása (1), valamint a világ fajlagos GDP-termelése, vagyis az egy főre jutó GDP-termelésének alakulása (2). Ezekkel a kibocsátást növelő hajtóerőkkel ellentétes hatással bíró, vagyis a kibocsátást csökkentő hajtóerő az energiaátalakítás hatásfokának javulása, vagyis az energiatermelés karbon-intenzitásának (vagyis az egységnyi energiafelhasználásra jutó szén-dioxid-kibocsátásnak) az alakulása (3), valamint a globális GDP-termelés karbon-intenzitásának (vagyis az egységnyi GDP-termelésre jutó szén-dioxid-kibocsátásának) az alakulása (4).

Könnyen beláthatók az előbbiekben tett megállapítások ha alaposabban megvizsgálunk néhány célszerűen kiválasztott, az említett folyamatokat jellemző idősorokat. Igen nagy fontosságú következtetések vonhatók le ezen idősorok tanulmányozásából. A vizsgálat tárgya összesen hét idősor, ezen belül négy ún. bázis idősor és három ún. származtatott idősor elemzése.

Bázis idősorok a továbbiakban

a C idősor (a világ fosszilis tüzelőanyagok eltüzeléséből származó éves szén-dioxid-kibocsátása),

a P idősor (világ népességének alakulása),

a G (a világ éves GDP-termelése),

valamint

az E (a világ éves halmozatlan primerenergia-felhasználása)

alakulását leíró idősorok.

Származtatott idősorok a bázis idősorokból képzett

G/P, E/G, és C/E, idősorok.

Az IEA (*International Energy Agency/Nemzetközi Energia Ügynökség*) adatai alapján rendelkezésre állnak a C, P, G, és E mennyiségek alakulását leíró idősorok az 1971-2017 közötti 47 éves időszakra vonatkozóan. A bázis idősorok konzisztens idősorok, ami alatt az értendő, hogy az adatok értelmezése, gyűjtése, feldolgozása egységes elvek, módszerek szerint történt. A vizsgálat tárgyidőszaka közel fél évszázad. Ez igen nagy időtartam, amely megalapozottan lehetővé teszi a hosszú távú, a folyamatokat valóban lényegileg meghatározó trendek (tendenciák) megállapítását.

Az **1. ábra** a négy bázis idősor tárgyidőszakbeli alakulását szemlélteti. Az 1971 – 2017 közötti időszakban a világ lakossága majdnem pontosan megduplázódott (a bázis értékhez viszonyítva 1,999-szeresére nőtt). Ezzel igen szoros korrelációban változott a globális halmozatlan primerenergia-felhasználás (ennek értéke 2,531-szerese volt az 1971. évi értéknek). A globális szén-dioxid-kibocsátás esetében a növekedés 2,355-szörös. A globális GDP-termelés értéke 2017-ben 4,753-szorosa volt az 1971. évi értéknek.

Az **2. ábra** mutatja a vizsgálat tárgyát képező négy fő hajtóerő (P, G/P, E/G és C/E) idősorok kezdőévhez (1971: 100 %), mint bázis évhez, viszonyított értékeinek relatív (százalékos) változását. Az ábra alapján jól látható, hogy egyes hajtóerők (a C/G és a C/E hajtóerők) jellemzően (!) a globális kibocsátást fékező hatással bírnak, míg a P, és G/P, hajtóerők a globális CO2-kibocsátást növelő hajtóerők. Az ábra jól láthatóan szemlélteti azt is, hogy a globális szén-dioxid-kibocsátást növelő hajtóerők szignifikánsan gyorsabban növekednek, mint a kibocsátást csökkentő hajtóerők. Következésképpen a globális kibocsátás szükségszerűen drasztikusan növekedett a vizsgált tárgyidőszakban, azaz a 1971 évi cca. 14 GtCO2/a értékről cca. 33 GtCO2/a értékűre változott.

A **3. ábra** négy (önkényesen választott) időszakra (1971-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2010), illetve a vizsgált tárgyidőszak egészére (1971-2017) vonatkozóan mutatja az adott tárgyidőszak kezdőévéhez, mint bázisévhez viszonyított relatív (százalékos) változások értékeit.

Az oszlopdiagramok végső soron nem csak a változás relatív (bázisértékre vonatkoztatott) értékét adják meg, hanem egyben információt szolgáltatnak a változások sebességére is. Hiszen a tárgyidőszakbéli időtartam szerepel az összefüggések nevezőjében, vagyis „sebességről” (időbeli első deriváltról) van szó. Szemügyre véve a kapott eredményeket, megállapítható, hogy a népesség növekedése és az egy főre jutó GDP értékének növekedése szignifikánsan meghatározó erejű volt mind a négy évtizedben, s ebből következően a teljes, majd fél évszázados időszakban. Globális átlagban (hangsúlyozottan: globális átlagban) a népesség globális növekedése és az anyagi jólét globális növekedése (amit a G/P idősor fejez ki) sokkal nagyobb mértékű és gyorsabb volt (abszolút értékben), mint a másik két hajtóerő változása (kibocsátást csökkentő hatása). A **2. ábrából** látható az is, hogy a C/E hajtóerő alakulása bizonyos időszakban (2001 és 2010 között) kibocsátásnövelő hatású volt, hangsúlyozottan globális átlagban, míg más időszakokban a globális szén-dioxid-kibocsátást csökkentette. Mi ennek a magyarázata? Természetesen nagyon sok tényező együttes hatásának eredményeképpen alakult ki ez a helyzet. De a domináns ok az volt, hogy Kína globális mértékben is rendkívül erősen növelte a szénbázisú energiatermelését (villamosenergia-termelését), aminek következtében az egységnyi energiafelhasználásra jutó szén-dioxid-kibocsátást jellemző korábbi világtendencia (egy időre) megfordult. Ezért szerepel ez a hajtóerő a negyedik oszlop tetején, mint kibocsátást növelő tényező.

Az ábrák által közölt információkat összegezve az állapítható meg, hogy globális méretekben a fosszilis eredetű szén-dioxid-kibocsátás domináns hajtóerői a népesség (P hajtóerő) és az anyagi jólét (G/P) növekedése. Ezt a tendenciát mindezidáig nem volt képes ellensúlyozni a két (alapvetően) kibocsátáscsökkentő hajtóerő, nevezetesen az E/G és a C/E hajtóerő. A P és a G/P hajtóerők sokkal gyorsabban növekedtek abszolút értékben, mint a másik két hatóerő. Ez igen nagy horderejű megállapítás, amit nem lehet figyelmen kívül hagyni a globális klímavédelmi stratégia kialakításakor.

Nagyon fontos azonban rögtön annak kiemelése és nyomatékos hangsúlyozása, hogy az eddigiekben globális átlagértékekről volt szó. Alapvetően téves lenne pusztán a globális átlagértékek alapján elhamarkodott következtetéseket levonni. Ezek alapján ugyanis, nem megengedhető módon, arra a nagyon leegyszerűsített és téves következtetésre lehetne jutni, hogy a népesség növekedése és az anyagi jólét növekedése szükségszerűen és elkerülhetetlenül a szén-dioxid-kibocsátás növekedését eredményezi, ugyanis a P és a G/P hajtóerők szignifikánsan gyorsabban és nagyobb mértékben növekednek, mint a kibocsátást csökkentő E/G és C/E hajtóerők. A helyes és megalapozott véleményalkotáshoz szükséges egy sokkal differenciáltabb, országonkénti, régiónkénti analízis is. Ennek alapján ugyanis bizonyítottan megállapítható, hogy csak a gazdasági fejlődés meghatározott szakaszában érvényes az előbbi megállapítás, miszerint a népesség (P) és az anyagi jólét (G/P) növekedése szükségszerűen a szén-dioxid-kibocsátás növekedését eredményezi. A gazdaságilag fejlett országokban és régiókban ez a tendencia, ez a megállapítás már nem igaz! Ezen országok és régiók esetében a szén-dioxid-kibocsátás vagy stagnál, vagy csökken, miközben a lakosság száma (ha a globális átlagnál sokkal szerényebb mértékben is) nő, vagy stagnál, az anyagi jólétet jellemző G/P viszont szignifikánsan növekszik! Ezek az országok a gazdasági fejlődésnek már egy olyan szakaszában vannak, amelyekben már nem érvényesek az előbbiekben megállapított, globálisan még domináns törvényszerűségek!

1. Ábra
2. Ábra
3. ábra

1. Dr. Fazekas András István PhD, c. egyetemi docens, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék [↑](#footnote-ref-1)