

## Válasz

### Vastag Gyula, az MTA doktora

Oláh Judit MTA doktori pályázatára készített opponensi véleményére

Először is szeretném megköszönni professor úrnak, hogy sokirányú elfoglaltsága a Budapesti Corvinus Egyetem szervezetének kialakítására irányuló programban végzett felelősségteljes munkája mellett elvállalta és elkészítette doktori értekezésem bírálatát. Az opponensi véleményre adott válaszaimat a bírálat tartalmi pontjainak megfelelően teszem meg.

Köszönöm, hogy a témát időszerűnek, aktuálisnak sőt gyakorlati szempontból kiemelt jelentőségűnek tartja. Valóban törekedtem arra, hogy új vizsgálati módszereket is alkalmazva feltárjam az élelmezés- és környezetbiztonság kihívásait az EU bioökonómiai stratégiájának tükrében, amire eddig ilyen megközelítésben még nem került sor.

Örülök, hogy a 354 db szakirodalmi feldolgozás színvonalát kiválóan tartja, ami visszaigazolja törekvésem sikerét, hogy minél teljesebb mértékben és elemző jelleggel tárjam fel ennek az új tématerületnek a sajátosságait és lehetőségeit.

Köszönöm az opponensnek azt a megállapítását is, hogy a célkitűzések megvalósítását jól szolgálják az alkalmazott módszerek. Öröm számomra, hogy sikerült szakszerűen, de közérthetően bemutatni a többek a MACTOR (Szövetségek és Ellentétek Hálózata) módszert és a PRISMA (Javasolt tartalmi elemek szisztematikus szakirodalmi áttekintés és metaanalízis készítéséhez) ajánlást.

Köszönöm észrevételét a két alfejezet („Körforgásos gazdaság” és a „Rövid ellátási lánc szerepe”) számozására vonatkozóan.

#### **Vizsgálati eredmények és azok értékelése, illetve következtetések, javaslatok:**

Köszönöm, hogy értékesnek tartja a Rövid Élelmiszerellátási Láncokra (RÉL) vonatkozó elemzésemet.

Professor úr a fejezetek színvonalát kiválóan tartja. Az opponensi vélemény megerősít abban, hogy sikerült az eredményeket jól bemutatnom, illetve meggyőzően megfogalmaznom a kutatás

folytatására és az eredmények gyakorlati alkalmazására vonatkozó következtetéseket és javaslatokat.

Örülök, hogy a disszertációéhoz hasonlóan a tézis szerkezetét is elfogadja azzal az eltéréssel, hogy a tézis végén megtalálható a jelölt kutatásához kapcsolódó 22 legjelentősebb publikációjának jegyzéke is. Ezek a Jelölt saját eredményei, melyek jelentős mennyiségű és megfelelő színvonalú kutatási teljesítményt jelentenek a PhD fokozat megszerzése óta eltelt időszakban.

### **Új/újszerű tudományos eredmények:**

Köszönöm, hogy az opponensem szerint az értekezés számos olyan új és újszerű kutatási eredményt tartalmaz, melyek hiánypótló jellegűek és alapjául szolgálnak majd a jövőben alap- és alkalmazott kutatásoknak.

### **Opponensem a Bírálóban kettő kérdést fogalmazott meg.**

#### **1. Fenntartható-e a jelenlegi élelmiszertermelési gyakorlat?**

Nagy szükség van arra, hogy a termeléstől a fogyasztásig minden szakaszt felölelő, fenntartható élelmiszerlánc kiépítésére térjünk át – a termelőknek és feldolgozóknak a környezeti hatás csökkentése mellett még több élelmiszert kell előállítaniuk és feldolgozniuk, a fogyasztókat pedig arra kell ösztönözni, hogy olyan tápláló és egészséges étrendre térjenek át, amelynek kisebb a szénlábnyoma. Ehhez járul hozzá a rövid ellátási láncok arányának növelése, például a közvetlen értékesítés és termelői piacok térhódításával. A direkt marketing alapú élelmiszerhálózat is gyorsan fejlődik világszerte.

A fogyasztói kereslet az élelmiszer iránt a jövőben folyamatosan emelkedik a következő három tényező miatt: a globális népességszám növekedése, az egy főre jutó jövedelmek emelkedése és a fogyasztói kosár szerkezetének változása. A jövedelmek bővülése a fogyasztói kosarat is átalakítja, ugyanis az élelmiszerfogyasztási preferenciákon belül emelkedik a fehérjében gazdag (hús, tej és tojás) táplálék aránya. Az élelmiszertermelést kínálati oldalról korlátozhatja a rendelkezésre álló természeti erőforrás (termőföld és víz) minősége és szűkössége. A mezőgazdasági termelés több mint háromszorosára emelkedett 1960-2015 között, ezzel együtt a környezetterhelés is nőtt az erdők pusztításával és a felszíni és felszín alatti vizek szennyezésével (műtrágya, növényvédelem).

A jelenlegi élelmiszertermelés módja hosszú távon nem fenntartható. Többek között azért, mert csökken az öntözővíz mennyisége, nő a szélsőséges időjárási jelenségek gyakorisága és intenzitása vagy például a növekvő hústermelés és - fogyasztás még nagyobb környezetterhelést okoz. Elsősorban nem az egy főre jutó 42 kilogramm húsfogyasztás (hal nélkül) a fő probléma, hanem a globális húsfogyasztás szélsőséges eloszlása, ugyanis a legfejlettebb régiókban az egy főre jutó húsfogyasztás eléri a 80-100 kilogrammot is. A Föld népességének gyarapodása a bolygó jelenlegi eltartóképességét is fenyegeti, miközben a globális húsfogyasztás kétszer akkora ütemben nő, mint a globális népességnövekedés, ami fenntarthatatlannak tűnik. Az állattenyésztésnek ugyanis jelentős szerepe van az ÜHG-kibocsátásban, nem beszélve arról a hatalmas mennyiségű ivóvízről, amit az állattenyésztés igényel az elfogyasztott takarmánynövényekkel együtt. Napjainkban a világ vízfelhasználásának 70%-át a mezőgazdaság emésztí fel, beleértve a növénytermesztést, ezen belül az állattenyésztést szolgáló takarmánynövényeket is. Az előttünk álló évtizedek egyik legfontosabb kihívása éppen az ivóvízhiány és klímaváltozás mérséklése.

Az élelmiszer-pazarlás azt jelenti, hogy az elsődleges termeléstől a lakossági fogyasztásig az élelmiszer-ellátási lánc minden fázisában biztonságos és tápláló, emberi fogyasztásra alkalmas élelmiszert kidobnak vagy nem élelmezési célra használnak fel. Az *élelmiszerhulladék általában emberi magatartás függvénye*, például állatok elhullása, állatbetegség által okozott veszteség, betakarítás elmaradása, szavatossági idő lejárása, többletkészlet, termékek kiselejtezése esztétikai előírások miatt, tárolási hulladék, többletétel, ételmaradék, megromlott élelmiszer. Ezzel szemben az *élelmiszerveszteség főleg a technológia függvénye*, például betakarítási, szállítási, tárolási és feldolgozási (hámozás, szeletelés, mosás stb.), valamint csomagolási veszteség. Az *élelmiszer-veszteség és - hulladék együtt jelenti az élelmiszer-pazarlást*, ami termeléshez felhasznált erőforrások (pl. föld, víz, energia, talaj, vetőmag, növényvédő szerek stb.) pazarlását is jelenti; emellett hozzájárul az ÜHG-kibocsátás növekedéséhez. Az élelmiszerlánc pazarlásának mérséklésével változatlan feltételek mellett egyrészt növelhető az élelmiszer kínálata, másrészt csökkenthető a fajlagos energia-, víz- és egyéb inputfelhasználás a termelésben. A gabona esetében a pazarlás a gabona értéklánc mentén elérheti a 60-70%-ot. A körforgásos biomassa alapú gazdaság kiépítése nagymértékben hozzájárul az élelmiszerpazarlás visszaszorításához.

Összességében elmondható, hogy a jövőben kevesebb vízzel, vegyszerrel és műtrágyával kell több élelmiszert termelni. Az előttünk álló évtizedek egyik legfontosabb kihívása éppen az ivóvízhiány és a klímaváltozás elleni küzdelem lesz. A környezet védelme érdekében

változtatni kell az élelmiszerfogyasztási szokásokon is, így például indokolt csökkenteni a hagyományos állati fehérjék fogyasztását alternatív fehérjeforrásokkal. Emellett megfizethető, egészséges táplálkozást ösztönző programokat kell bevezetni. Fontos szempont még az élelmiszerhulladék helyi és regionális szinten történő csökkentése. A klímaváltozás növeli az élelmiszerbiztonsági kockázatot is a kórokozók és a kártevők globális terjedésével, ezért kiemelt feladat az élelmiszer-szennyezettség forrásainak pontos leírása és kezelése.

Különösen az információ- és kommunikációtechnológia (IKT) és műholdas rendszerek továbbfejlesztésével járó precíziós mezőgazdaság és az agroökológia egészítheti ki a hagyományos mezőgazdaságot a gazdálkodási rendszerek fenntarthatóságának javításával. Ilyen például a biomassa jobb kihasználása, tárolásának és mobilizálásának javítása, a kedvező talajfeltételek biztosítása, a növénytermesztés diverzifikálásának előmozdítása és a szintetikus növényvédő szerek használatának minimalizálása. A zárt mezőgazdasági modellek további fejlesztése elvezethet egy fosszilis tüzelőanyagoktól mentes mezőgazdaság megteremtéséhez.

## **2. Hogyan oldható meg a közlekedési szektor szénmentesítése, a fosszilis energia helyettesítése?**

A karbonsemlegesség azt jelenti, hogy megvalósul az egyensúly a kibocsátott CO<sub>2</sub>, illetve a légkörből kivont és szénelnyelőkben tárolt CO<sub>2</sub> mennyisége között. A CO<sub>2</sub> légkörből való eltávolításának, majd azok tárolásának folyamatát szénmegkötésnek nevezzük. A nulla nettó CO<sub>2</sub>-kibocsátás elérése érdekében a globális ÜHG-kibocsátást szénmegkötéssel kell ellensúlyozni. Az EU elkötelezett az ambiciózus éghajlatpolitika mellett. Az európai zöld megállapodás értelmében a klímasemlegesség a célja, hogy 2050-re megvalósul az egyensúly a kibocsátott CO<sub>2</sub>, illetve a légkörből kivont és szénelnyelőkben tárolt CO<sub>2</sub> mennyisége között. Szénelnyelőnek nevezünk minden olyan rendszert, amely több szénem nyel el, mint amennyit kibocsát.

A fő természetes szénelnyelők közé tartozik a talaj, az erdő és az óceán. Becslések szerint a természetes szénelnyelők évente 10-11 milliárd tonna közötti CO<sub>2</sub>-t vonnak ki a légkörből, amikor az éves globális CO<sub>2</sub>-kibocsátás az utóbbi években 34-38 milliárd tonna között mozgott. Jelenleg egyetlen mesterséges szénelnyelő sem képes a globális felmelegedés elleni küzdelemhez szükséges mértékű CO<sub>2</sub>-t kivonni a légkörből. A természetes szénelnyelőkben, például az erdőkben tárolt szén erdőtüzek, földhasználat vagy fakitermelés során a légkörbe kerül. A légkörben található CO<sub>2</sub> megkötésére mind a természetes (erdősítés és újratelepítés), mind a technológiai (szénmegkötés és -tárolás) megoldások segítségével szükség lesz az klímasemlegesség eléréséhez. A kibocsátások csökkentésének és a karbonsemlegesség

megvalósításának másik módja az, ha az egyik ágazatban keletkező kibocsátásokat máshol ellensúlyozzuk. Ez megvalósítható a megújuló energia növekvő használatával, az energiahatékonyság növekedésével és alacsony CO<sub>2</sub>-kibocsátású technológiákba való beruházások révén.

Az éghajlatváltozás mértékét nem egy adott év CO<sub>2</sub> kibocsátása határozza meg, hanem az, hogy az ipari forradalom kezdetétől mennyi CO<sub>2</sub> kerül összesen a levegőbe. Kumulatív CO<sub>2</sub>-kibocsátás 1751 óta több százmilliárd tonna (1,5 billiárd tonna), ehhez jön az évi 34-38 milliárd tonna CO<sub>2</sub>-kibocsátás, ami stabilizálódott az utóbbi években (ehhez a COVID-19 is hozzájárult). Egyelőre azért harcolunk, hogy az évi 34-38 milliárd tonna kibocsátást semlegesítsük szénmentesítéssel. Ha folytatódik az évi 34-38 milliárd tonna kibocsátás, akkor 40 év alatt újabb 1,5 billiárd tonna szén kerül a légkörbe, pontosan annyi, amennyi 1751 óta a mai napig együttesen. Tehát azért kell 0-ra csökkenteni az évi kibocsátást, hogy ne emelkedjen 3 billiárd tonnára a CO<sub>2</sub>-kibocsátás 40 év múlva. Mivel a kétfokos felmelegedés is jelentős romboló hatással jár, ezért módosították legfeljebb másfél fokra, ami elengedhetetlen ahhoz, hogy 2050-re elérjük a zéró kibocsátást, de nemcsak Európában, hanem az egész világon. A karbonsemleges energiarendszer megvalósítása 2050-re gyors ütemű, folyamatos erőfeszítést igényel.

Az EU célja tehát a nulla nettó ÜHG-kibocsátás elérése 2050-ig. Ezek közül a legfontosabb prioritás a zöld energiára való átállás felgyorsítása, a CO<sub>2</sub>-mentes és automatizált közúti közlekedés bevezetése, a körforgásos biomassza alapú gazdaság megvalósítása a mezőgazdaság, az állattenyésztés, az akvakultúra és az erdőgazdaság diverzifikációjával.

A fosszilis tüzelőanyagok használatából származó CO<sub>2</sub>-kibocsátás fokozatos megszüntetését a megújuló energiaforrások teszik lehetővé. Az energiaszektor szénmentesítése a megújuló energiaforrások (bioenergia és egyéb megújuló – nap-, szél-, víz- stb. energiaforrásokkal) arányának növelésével már megkezdődött és az energiafogyasztásban egyre nagyobb szerepet játszanak. Az EU-ban a megújuló energiaforrások körében a bioenergia aránya még 60% körül alakul, de szerepe csökkeni fog a nap- és szélenergia gyors elterjedésével. A bioenergia a fosszilis szén helyett megújuló szenet (bioszenet) tartalmaz és CO<sub>2</sub>-kibocsátása semleges, mert ugyanannyi CO<sub>2</sub>-t köt meg, mint amennyit kibocsát. Az egyéb megújuló erőforrások (nap-, szél- és egyéb) felhasználása nem jár CO<sub>2</sub>-kibocsátással.

Az energiaszektor mellett más szektorok, mint a közlekedési ágazat, a vegyipar és az építőipar szénmentesítéséhez is szükség van, ugyanis a fosszilis tüzelőanyagok nem energetikai célú

felhasználása (például kőolajból származó aszfalt, kenőanyag, oldószer, viasz, műanyag, vegyszer, földgázból termelt műtrágya vagy szénből készült kátrány) a fosszilis tüzelőanyagok teljes fogyasztásának 8% -át teszi ki, de ez az arány 2050-re 30%-ra nőhet változatlan feltételek mellett. Ehhez is biomasszára van szükség. A szénmentesítési folyamat összességében a korábbi időszakhoz képest több biomasszát igényel. A megújuló szén sok termékben helyettesíti a fosszilis szenet (energia, műtrágya, vegyszer, műanyag, gyógyszer stb.). A bioszénért folytatott versenyt a késztermékek által képviselt hozzáadott-érték (élelmiszer és nem élelmiszer célú bio-alapú termékek) dönti el.

Az EU végső energiafogyasztásában a fosszilis eredetű tüzelőanyagok (kőolaj, földgáz és szén) és a nukleáris energia ma 80%-ot tesz ki. A megújuló energiaforrások aránya növekszik, de szerepük továbbra is korlátozott, arányuk a végső energiafogyasztásban mindössze 20%. A kőolaj iránti kereslet mozgatórugója a közlekedési ágazat, mert az EU-ban felhasznált kőolaj 70%-át teszi ki, vagyis a közlekedési szektor szénmentesítése jelenti a legnagyobb feladatot.

Az EU-ban a fosszilis tüzelőanyagok 2030-ban várhatóan az energiafogyasztás még mindig felét teszik ki, addig elsősorban a magas szennyezésintenzitású szénfelhasználás csökken. 2030-2050 között jelentősen visszaesik a kőolaj- és gázimport. Az EU-ban a földgáz importja a jövőben átmenetileg nőhet (kevésbé szennyez, mint a szén és kőolaj) az előrejelzések szerint. Az EU lényegesen több fosszilis eredetű szenet importál, mint amennyit exportál, ezzel együtt több CO<sub>2</sub>-kibocsátást is importál az exporthoz képest, ezért a CO<sub>2</sub>-kibocsátás áthelyezése (elszivárgása) problémát jelent. Ennek megakadályozását az importtermékekre kivetett karbonadó bevezetése szolgálja, ezáltal a világ többi országait (elsősorban az EU-ba irányuló exporttermékek esetében) is szénmentesítésre ösztönzi.

A szénmentesítés új energiabiztonsági kockázatokat is előidézhet, főként a zöld energia és a zöld technológiák (például ritkafémek) alapanyagainak importja tekintetében, mert ezek kevés országban fordulnak elő, az irántuk mutatkozó kereslet pedig rohamtempóban nő (pl. elektromos autóknál az akkumulátor gyártása). A zöld villamos energia várhatóan 2050-re hozzájárul az energiarendszer döntő részének szénmentesítéséhez, de szükség lesz hidrogénre is azokban az ágazatokban, ahol a villamos energia nem használható fel (acél- és cementgyártás, valamint egyes közlekedési eszközök esetében, mint teherszállítás, hajózás és repülés). E fejlett rendszerek azonban technológiailag még nem kiforrottak, így egyelőre a bioüzemanyagoknak továbbra is lesz létjogosultsága a gyakorlatban. Összességében számos fizikai beruházásra van még szükség hálózatfejlesztésben, villamosenergia-tárolásban és hidrogéntermelésben, hogy elérhessük a kitűzött célokat. A fosszilis erőforrások fokozatos helyettesítése biomasszával az

energia- és egyéb szektorokban a biomasza iránt mutatkozó kereslet folyamatos növekedésével jár, ami befolyásolhatja az élelmiszerbiztonságot is, mert földterületet vehet el az élelmiszernövények termelésétől (élelmiszerárak növekedésének kockázatával jár).

A körforgásos bioökonómia hozzájárul a főbb iparágak, például az energia- és a közlekedési ágazat, a vegyipar (pl. műanyagok) és az építőipar (fatermékek felhasználása nem megújuló építőanyagok helyett) szénmentesítéséhez. A bioökonómiai szektor a szén hosszú távú tárolásával is segíthet a szén megkötésében, például fából, fás biomasszából előállított termékekkel, de az építőiparban a fa nagyobb mértékű felhasználása az energiaigényes, fosszilis eredetű építőanyagok helyettesítésével szintén csökkenti az ÜHG kibocsátását. Ezen kívül a főbb gazdasági szektorok (mezőgazdaság, élelmiszeripar, vegyipar és erdészet) körforgása lehetőséget kínál a CO<sub>2</sub> hosszú távú megkötésére és az alacsony CO<sub>2</sub>-kibocsátású gazdaság megvalósítására. A technológiák is már lehetővé teszik a mezőgazdaságból, az erdőgazdálkodásból, az élelmiszeriparból és a városokból származó biohulladék átalakítását bio-alapú termékekké (vegyipari alapanyagok, szerves műtrágya, bioüzemanyagok és hőenergia). A klímasemlegesség eléréséhez szükség lesz a légkörben található CO<sub>2</sub> megkötésére is, mind a természetes (erdősítés és újra telepítés), mind a technológiai (szénmegkötés és -tárolás) megoldások alkalmazásával.

Az integrált biofinomítók javíthatják a biomasza-felhasználás hatékonyságát, mert hasznosítják a hulladékot az újrafeldolgozás és körforgás javításával. A biomasza nagy térfogatú, kis tömegű anyag, ezért költséges a szállítása. A biomasza elsődleges feldolgozását a termőhely közelében indokolt elvégezni, ráadásul így új hozzáadott értéket is előállítanak vidéki területeken. A biofinomítók fejlesztése és telepítési helyszíne nagymértékben függ az előállított bio-alapú termékek jövedelmezőségétől, az új technológiák piaci bevezetésétől, a helyi és/vagy regionális alapanyagok áralakulásától, a megfelelő infrastruktúrától és a szabályozási környezettől.

Ha az új tagországok nem foglalkoznak a bio-alapú szén felhasználási prioritásainak meghatározásával, akkor továbbra is összeszerelő üzemek telephelyei maradnak, nemzetközi versenyképességük csökken és a Zöld Megállapodás célkitűzéseit sem teljesítik. Ennek ellenére az EU rendeletei ránk is vonatkoznak (büntetés). A szénmentesítési folyamatban és a megújuló szén felhasználásának piacán nagyon gyors változás várható, ezért Magyarország sem várhat tovább a felkészüléssel.

Végezetül megköszönöm Vastag Gyulának a bíráló elnökségének a bíráló elnökségébe befektetett gondos munkáját, a pozitív hozzáállást és az új tudományos eredményeim elfogadását.

Tisztelettel,

Debrecen, 2021. április 20.



Dr. Oláh Judit