

Tanulmány

BIOMASSZA-ALAPÚ GAZDASÁG: A BIOMASSZA TERMELÉSÉNEK ÉS FELHASZNÁLÁSÁNAK ALAKULÁSA AZ EU-BAN, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL AZ ENERGETIKAI HASZNOSÍTÁSRA II.

BIOECONOMY: BIOMASS SUPPLY AND DEMAND IN THE EU IN PARTICULAR FOR ENERGY USE, PART II.

Oláh Judit¹, Popp József², Balázs Ervin³, Kovács Sándor⁴

¹az MTA doktora, Debreceni Egyetem Gazdaságtudományi Kar, Debrecen, olah.judit@econ.unideb.hu

²az MTA levelező tagja, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő

³az MTA rendes tagja

⁴habil. egyetemi docens, Debreceni Egyetem Gazdaságtudományi Kar, Debrecen

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők meghatározták a bioenergia-előállítás, -fogyasztás, -export és -import szempontjából legfontosabb EU-tagállamokat, valamint a biomassza-alapú energiafogyasztás szerkezeti változásait az ipari, közlekedési és egyéb ágazatokban. Míg a bioenergia-fogyasztás a vizsgált időszak kezdetén magasabb volt az energia- és ipari ágazatban, a későbbi időszakokban más szektorok jelentősége nőtt. Az idő előrehaladtával a bioenergia előállítása, a bruttó belső fogyasztás és annak aránya a végső energiafogyasztásban növekedett, de mind a termelés, mind a felhasználás jelentős ingadozásokat mutat a vizsgált időintervallumokban, miközben a termelés és fogyasztás növekedésének üteme csökkent. A 2007–2011 közötti időszak meghatározó volt, mivel ebben az időszakban számos tagállam folyamatosan tudta növelni a bioenergia termelését és felhasználását egyaránt.

ABSTRACT

Authors have identified the most important EU member states for the production, consumption, export and import of bioenergy, as well as the structural changes in biomass-based energy consumption in the industrial, transport and other sectors. While bioenergy consumption was higher in the energy and industrial sectors at the beginning of the period analysed, later on the importance of other sectors in bioenergy consumption increased. Over time, bioenergy production, gross internal consumption, and its share in final energy consumption increased, but both production and consumption show significant fluctuations while the growth rate of production and consumption slowed down over the time intervals studied. The period 2007–2011 was decisive, as many member states were able to continuously increase both production and consumption of bioenergy during this period.

Kulcsszavak: bioökonómia, biomassza, fosszilis energia, megújuló energia

Keywords: bioeconomy, biomass, fossil energy, renewable energy

BEVEZETÉS

A biomassza-alapú gazdaság fejlődése a következő harminc évben meghatározza az EU globális geopolitikai és kereskedelmi szerepét, ezért indokolt figyelemmel kísérni az EU-ban a nulla nettó üvegházhatású gáz (ÜHG) kibocsátás eléréséhez szükséges reformokat (Oláh, 2021a).

Az ezredfordulóra bebizonyosodott, hogy rendszerszintű változást kell elérnünk az áruk előállítás, fogyasztása és hulladékká válása terén, ehhez elengedhetetlen a lineáris gazdasági modelltől a körforgásos és biomassza-alapú gazdasági modellre történő átállás. A biomassza-alapú gazdaság a megújítható biológiai erőforrások természetét, majd élelmiszer-, takarmány-, bioenergia- és egyéb bioalapanyagok előállítását jelenti magasabb hozzáadott érték mellett. A biomassza-alapú gazdaság magában foglalja a hulladék újrahasznosítását is a fenntarthatóság szempontjainak figyelembevételével. A biológiai erőforrások és ökoszisztémák végesek, tehát innovációra van szükség a lakosság élelemmel, tiszta vízzel, tiszta energiával és egyéb bioalapú alapanyagokkal való ellátása érdekében. A környezet védelme érdekében változtatni kell az élelmiszer-fogyasztási szokásokon is, így például indokolt csökkenteni a hagyományos állati fehérjék fogyasztását alternatív fehérjeforrások piaci bevezetésével. Az élelmezésbiztonság továbbra is prioritás marad, ugyanakkor az innováció lehetőséget nyújt a biomassza, valamint a mezőgazdasági és erdőgazdálkodási melléktermékek nem élelmezési célú felhasználására. Hangsúlyos szerepet kap az integrált és változatos termelési rendszer, valamint a mezőgazdasági gyakorlat, beleértve a 4. és 5. ipari forradalom vívmányait és a precíziós technológiát, ugyanakkor fontos szempont az egészséges talaj és talajgazdálkodás is az egészséges élelmiszer előállításához és a talaj termőképességének javítása érdekében (Fróna et al., 2019; Oláh–Popp, 2021).

A biomassza-alapú gazdaság világszerte egyre több biomasszát igényel. A kulcskérdés, hogy mekkora mennyiségű biomasszára lesz szükség a jövőben az élelmiszer-, takarmány- és egyéb célú felhasználás céljából? Nem világos, hogy milyen elveket indokolt követni a relatív prioritások meghatározására a biomassza nem élelmiszer-célú felhasználásában, vagyis arra keresünk választ, hogy az energetikai, a bioalapú alapanyag vagy a kemikália gyártása élvezzen elsőbbséget.

Mindaddig, amíg a gazdaság a GDP növekedésén alapul, az anyagfelhasználás csökkentése a fejlett országokban nem tűnik valós opciónak.

Sokkal több kutatásra van szükség a biomassza ökológiai szempontból fenntartható potenciáljának felmérésére az élelmezésbiztonság és az éghajlatváltozás hosszú távú hatásainak megválaszolása érdekében. Ezen kívül a kutatásoknak célszerű foglalkozni a fenntartható intenzifikáció biodiverzitásra gyakorolt hatásával, valamint az élelmiszer-, bioalapú anyag- és tüzelőanyag-gyártás prioritási rangsorának kialakításához kapcsolódó nemzetközi és nemzeti szabályozási mechanizmusokkal. Az élelmiszerárak nagyfokú ingadozásának és a környezetszennyezésnek elkerülése és a fenntartható bioenergia-potenciál megbízható becslése érdekében az élelmiszer-ellátás és egyéb bioalapú termékek előállítására közötti összefüggéseket is elemezni kell. Az ingadozó tüzelőanyagárak és a globális kereskedelem befolyásolja a biomassza árakat, ezért a fennálló szubvenciók és kereskedelmi akadályok felszámolása a nemzetközi szabályozás és tanúsítási mechanizmus bevezetésével elősegíthetné az élelmiszer- és egyéb célú biomassza globális kereskedelmét.

A biomassza áll a bioökonómia középpontjában, a biomassza iránti kereslet pedig világszerte nő az alacsony CO₂-kibocsátású gazdaságra történő áttérés során. Az ökológiai szempontból fenntartható biomassza-potenciál becslése ritkán történik meg, egyébként ezek az előrejelzések nagyon alacsony biomassza-szintet jeleznek. Az élelmiszerpiac természetesen továbbra is bioalapú marad, de az energia- és vegyipari ágazatokban fokozatosan növelik a végtermék bioalapú komponenseit, így ezek a piacok befektetési lehetőségeket kínálnak. A biomassza-alapú gazdaság fejlesztése során figyelembe kell venni az ökoszisztéma-szolgáltatásokat és a biohulladék újrahasznosítását is az értékláncok hozzáadott érték-termelő képességének javítása érdekében a biomassza termelésétől kezdve a végtermékekig bezárólag. A biomassza energiatermelésre történő felhasználását vonzó lehetőségnek tekintik a fosszilis tüzelőanyagoktól való függőség és az ÜHG-kibocsátás csökkentésére, különösen az EU-ban. A bioalapú vegyi anyagok piaca egyelőre még kicsi, de gyorsan növekszik. A növekvő biomasszaigény a földhasználatot és földárakat is befolyásolja. Az élelmiszer, a bioenergia és a biokémiai anyagok termelése közötti kapcsolatrendszer a gazdasági tényezők (például ár és kereskedelem), a mezőgazdasági technológia (például a termés hozam, a biomassza-feldolgozás hatékonysága), a változó kereslet (például étrend, népesség) és a globális földhasználat függvénye.

A fel nem használt és elégetett növényi maradványok hozzájárulhatnak az energia és bioalapú anyagok fenntartható előállításához. Az újabb generációs bioüzemanyagok tovább csökkentik az ÜHG-kibocsátást, de a nem élelmiszer-célú nyersanyag alapuló bioüzemanyagok előállítása lassan halad előre. Az energiaellátás nem jelent problémát, mivel a biomassza összegyűjtése és felhasználható formában történő szállítása a fő kérdés, ugyanis a növényi biomassza ala-

csony sűrűségű, alacsony értékű és nagy térfogatú anyag, ezért nagy távolságra történő szállítása drága. Az elsődleges fás biomassa-maradványok és az elhalt fa növekvő felhasználása az energiatermelés másik biomassa-alapú forrása, de a jövőben a hulladék (papír-, fa- és építőipar, fűrészáru) szerepe is növekedhet az energiatermelésben.

A csökkenő biomassa-hulladék és a biomasszszakaszokad többlepcsős hasznosítása, különös tekintettel a hulladék energiatermelésre történő felhasználására, hozzájárul a biomassa-állomány növekedéséhez közvetett földhasználat-változás nélkül, így több bioenergia és bioalapú termék előállításához. Ennek ellenére csökkenteni kell az energia- és anyagfogyasztást, mindenekelőtt a fejlett országokban. A folyamatos növekedésen alapuló jelenlegi gazdasági rendszer átgondolásra szorul, és az externális (társadalmi) költségeket is indokolt figyelembe venni a termelésben és szolgáltatásban.

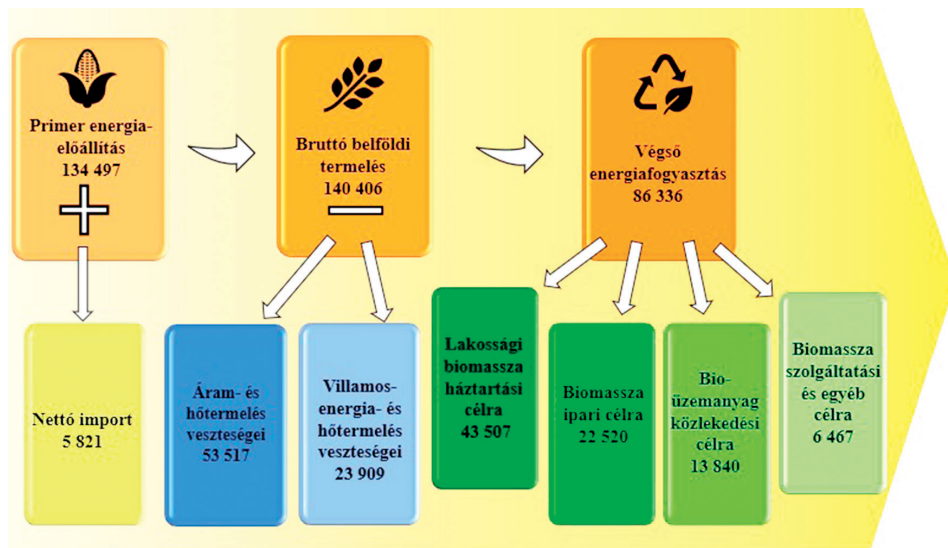
A jelenlegi fosszilis energiaforrásokon alapuló gazdaságok biomassa-alapú gazdaságokká történő átalakítását hátráltatja a véges biomassa-állomány, ezért az élelmezésbiztonság elsődleges prioritást élvez a biomassa minden egyéb célú felhasználásával szemben a biomassa-alapú gazdasági stratégiákban, ugyanakkor egyre nagyobb szerepet kap például a vegyipar és az energiatermelés is. Világszerte a biomassa 55%-át takarmányozásra és élelmiszer-termelésre, 27%-át bioenergia és 8%-át egyéb bioalapú termékek előállítására használják, az egyéb felhasználás és veszteség pedig 10%-ot tesz ki. Ezzel szemben az EU-ban a biomassa 59%-át takarmányok és élelmiszer, 17%-át bioenergia, 4%-át bioüzemanyagok előállítására használják fel, 20%-át pedig egyéb bioalapú anyagok (például a fatermék és cellulóz) gyártására (Oláh, 2021b).

A fosszilis eredetű tüzelőanyagok anyagfelhasználását (főleg a vegyiparban) helyettesítheti a biomassa, de az egyéb megújuló energiaforrások (nap- és szélenergia stb.) erre nem alkalmasak. A bioenergia és a bioalapú anyagok piaca már bővül, a bioalapú nyersanyagok és termékek azonban általában még nem versenyképesek a fosszilis eredetű anyagokkal összehasonlítva.

A BIOENERGIA-TERMELÉS ÉS -FELHASZNÁLÁS MÉRLEGE AZ EU-BAN

Az EU-ban a biomassa hosszú távon is meghatározó energiaforrás marad az egyéb megújuló energiaforrások növekvő előállítása ellenére. Az EU-ban az ÜHG-kibocsátást 2030-ra az 1990-es szinthez képest 40%-kal, sőt a jelenlegi javaslatok szerint még nagyobb arányban, 55%-kal kell csökkenteni. A nettó nulla ÜHG-kibocsátásról szóló célkitűzés azt jelenti, hogy 2050-ig elérhető a klímafüggetlenség, ezért az EU-ban a fosszilis tüzelőanyagok felhasználását fokozatosan megszüntetik, és megújuló energiaforrásokkal helyettesítik, például biomasszával és egyéb megújuló energiával (nap-, szél-, vízenergia stb., de a nukleáris

energia is helyet kap az energiaellátásban). Az EU-ban 2002 és 2016 között a bioenergia végső fogyasztása mintegy 50%-kal nőtt, és elérte a 86,3 millió tonna olajjegyentértéket (mtoe) (1. ábra).



1. ábra. A biomassza felhasználása energiatermelésre az EU-ban 2016-ban (mtoe) (Eurostat, 2019b alapján)

ANYAG ÉS MÓDSZER

A biomassza energiatermelési célú felhasználásának adatait az Eurostat és a DBnomics világgazdasági adatbázis szolgáltatta toe-ben kifejezve (DBnomics, 2019). A biomassza-felhasználás energiamérlegének 2002–2016 közötti időszakra vonatkozó tagországi átlagmutatói az 1. táblázatban láthatók. A biomassza elsődleges felhasználói a hagyományos és kapcsolt hő- és villamos erőművek, valamint fűtőművek. Az EU-ban a 2002–2016 közötti időszakra vonatkozó átlagos adatok alapján Németország a vezető ország, majd Franciaország, Svédország következik a biomassza-alapú primer energiatermelés (PP), valamint a bruttó belső fogyasztás (GIC) alapján. Amennyiben a hő- és áramtermelés (TI) alapján vesszük a sorrendet, akkor Németország mellett Svédország és az Egyesült Királyság vezet a listát. Más sorrendet kapunk az ipari energiafogyasztás (IEC) tekintetében, ugyanis Svédország és Finnország megelőzi Németországot. A közlekedési energiafogyasztás (TEC) alapján Németország és Franciaország után Spanyolország a harmadik legnagyobb fogyasztó. Hasonló minta adódik az egyéb ágazatok ener-

1. táblázat. A biomassza-felhasználás energiamérlegének átlagmutatói 2002–2016 között (1000 tonna olajegyenérték = 41 868 gigajoule)*

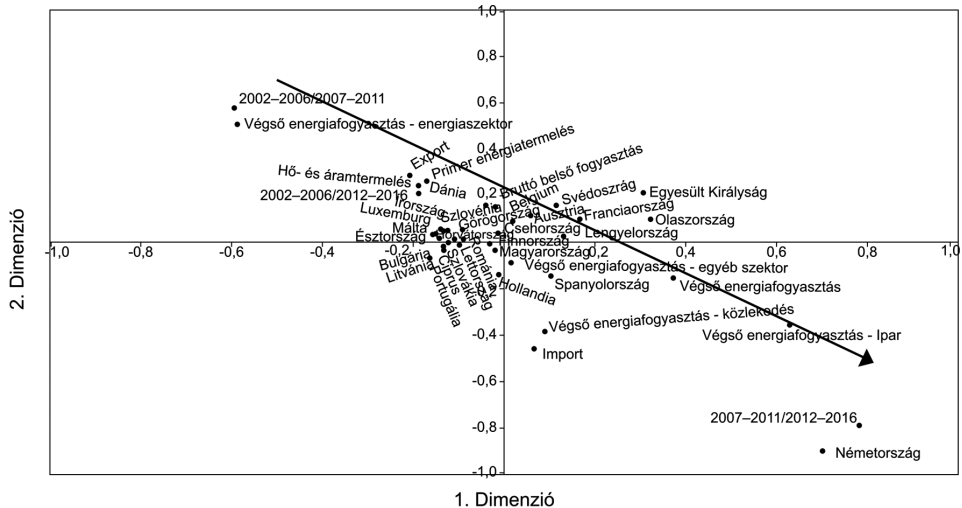
Országok	PP	IM	EX	GIC	TI	CES	FEC	IEC	TEC	OEC
Belgium	1 564	513	65	2 012	861	0	1 146	533	179	435
Bulgária	923	38	62	901	25	0	880	142	44	694
Csehország	2 799	146	249	2 694	601	0	2 093	388	168	1 538
Dánia	2 059	774	51	2 781	1 641	0	1 139	139	89	911
Németország	18 316	803	816	18 304	7 556	317	10 406	1 894	2 401	6 111
Észtország	887	7	187	703	223	1	479	96	1,5	382
Írország	262	43	0	304	71	0	235	147	49	39
Görögország	1 035	82	4	1 112	53	0	1 058	213	76	769
Spanyolország	5 751	579	417	5 927	1 259	126	4 545	1 333	803	2 409
Franciaország	12 531	338	129	12 733	2 519	15	10 185	1 389	1 831	6 965
Horvátország	1 327	7	127	1 207	33	0	1 176	49	10	1 118
Olaszország	7 758	1 840	70	9 525	3 051	0	6 483	268	754	5 461
Ciprus	15	17	0	32	7	0	27	6	11	13
Lettország	1 759	35	555	1 228	249	0	986	206	11	768
Litvánia	1 039	89	135	992	285	0	715	87	39	589
Luxemburg	65	44	6	103	23	0	80	20	38	22
Magyarország	2 115	88	148	2 055	495	7	1 553	95	103	1 355
Málta	1	2	0	3	0	0	2	0	2	1
Hollandia	2 621	543	725	2 432	1 541	0	885	114	206	565
Ausztria	4 387	691	416	4 658	1 523	0	3 135	1 060	355	1 720
Lengyelország	5 857	295	176	5 973	1 310	2	4 659	980	433	3 246
Portugália	3 019	37	151	2 904	501	0	2 406	1 253	168	985
Románia	3 499	97	66	3 514	85	7	3 419	279	110	3 031
Szlovénia	552	20	0	572	60	0	514	77	24	413
Szlovákia	759	40	82	714	280	0	433	308	72	53
Finnország	7 887	147	156	7 878	3 039	16	4 810	3 211	143	1 457
Svédország	9 427	369	65	9 733	4 253	6	5 482	3 940	465	1 077
Egyesült Királyság	4 335	1 332	131	5 533	3 506	0	2 027	357	640	1 030
EU28	102 549	9 016	4 989	106 527	35 050	497	70 958	18 584	9 225,5	43 157

(Eurostat, 2019a)

* Megjegyzés: tonna olajegyenérték = egy tonna nyersolaj elégetésével kibocsátott energia mennyisége

giafogyasztása (OEC) és a végső energiafogyasztás (FEC) tekintetében, ekkor ugyanis Németország és Franciaország mellett Olaszország is megjelenik. Ezzel szemben Málta, Ciprus és Luxemburg elhanyagolható szerepet játszanak ezen a területen. Az új tagállamok közül Lengyelország, Románia és a Cseh Köztársaság érdemel említést a primer energiatermelés (PP) és a bruttó belföldi fogyasztás (GIC), valamint egyéb ágazatok (OEC) végső energiafogyasztása (FEC) vonatkozásában. Németország, Hollandia és Lettország a legnagyobb exportőr (EX), míg Olaszország és az Egyesült Királyság a legnagyobb importőr (IM).

A PARAFAC-módszer (Harshman–Lundy, 1994) alkalmazásával az EU-ban nyomon követhető a biomassza felhasználása, ebből a bioenergia termelése és fogyasztása tagországokonként, így a rangsor alapján meghatározható a változás oka a vizsgált három időintervallumban (2002–2006; 2007–2011; 2012–2016). A teljesítménytérkép az összes mutató alapján a PARAFAC-módszerrel készült (2. ábra).



2. ábra. A teljesítménytérkép az összes mutató alapján (Saját kutatás, 2020, PARAFAC-modell alapján)

A vizsgált időszakok változásait megfigyelve látható, hogy a bioenergia végső fogyasztásának növekedése (FEC), különösen az iparban (IEC) és a közlekedésben (TEC) volt jellemző, ehhez hasonlóan alakult az import (IM) bővülése is, elsősorban Németországban, Olaszországban, az Egyesült Királyságban, Franciaországban, Spanyolországban, Lengyelországban és Svédországban a 2007–2011 és a 2012–2016 közötti időszakokban. A kezdeti időszakot a másik két időszakkal összehasonlítva a legnagyobb változás a primer energiatermelésben (PP), az

2. táblázat. A biomassza-alapú primer energiaelőállítás hozamstabilitási mutatói és regressziós becslései az EU28-ban

	2002–2006		2007–2011		2012–2016		2002–2016	
	YSI	B	YSI	B	YSI	B	YSI	B
Belgium	-1,05	0,35**	-0,79	0,65**	-1,11	-0,05	-1,51	1,65***
Bulgária	-0,25	0,13*	0,01	0,31**	-0,31	0,09*	-0,84	0,89***
Csehország	0,55	0,18**	0,41	0,22***	-1,11	0,11*	-0,84	1,01***
Dánia	-1,05	0,18**	-0,39	0,03	-0,71	0,10	-0,84	0,27**
Németország	-1,05	0,55**	-1,19	0,20*	-0,31	0,13**	-0,71	1,29***
Észtország	-1,45	0,08	-0,79	0,24*	-1,11	0,25**	-1,38	1,00***
Írország	-1,05	0,37*	-1,59	0,16	-1,51	0,16*	-0,84	0,98***
Görögország	-0,65	0,02	-1,59	-0,04	-1,51	-0,07	-0,98	0,19*
Spanyolország	-1,05	0,10*	-0,39	0,18*	-1,11	0,10*	-0,84	0,64***
Franciaország	-0,65	0,05	-0,79	0,14	-1,11	0,07	-0,84	0,56***
Horvátország	-1,05	0,09	0,41	0,17**	-1,11	0,05	-1,11	0,44***
Olaszország	-1,05	0,60*	-1,59	-0,05	-0,71	0,09	-1,38	1,27***
Ciprus	-1,05	-0,42	-1,59	0,28	-1,51	-0,02	-1,51	1,13***
Lettország	-0,65	0,11	-0,79	0,13	-0,71	0,11	-0,98	0,54***
Litvánia	0,55	0,18**	-0,79	0,13	-0,31	0,17**	-0,44	0,72***
Luxemburg	-1,05	0,68**	-0,39	0,00	-1,11	0,24*	-1,24	1,09***
Magyarország	-1,05	0,69*	-1,19	0,36**	-1,11	0,00	-1,24	1,45***
Málta	-1,45	0,00	-1,59	0,14	-1,51	-0,13	-1,38	3,43***
Hollandia	-0,65	0,14*	-0,79	0,28**	-1,51	0,07	-1,51	1,25***
Ausztria	-0,25	0,18**	0,01	0,13*	-0,31	0,06	-0,84	0,76***
Lengyelország	0,55	0,12**	0,41	0,33***	-1,11	-0,02	-1,38	0,95***
Portugália	0,55	0,05*	0,41	0,07	-1,11	0,03	-1,11	0,16**
Románia	-1,05	0,23*	-1,59	0,06	-0,71	-0,04	-0,84	0,40***
Szlovénia	-1,05	0,05	-1,19	0,32*	-0,71	-0,01	-0,98	0,51***
Szlovákia	-0,25	0,41**	-0,39	0,45**	-1,11	0,14	-1,11	1,53***
Finnország	-0,65	0,07	-0,39	0,07	-0,31	0,03	-0,44	0,32***
Svédország	0,55	0,14**	-0,39	0,09	-0,71	0,00	-0,84	0,42***
Egyesült Királyság	-0,65	0,35**	-0,39	0,26**	0,09	0,32*	-0,98	1,55***

***p < 0,001; **p < 0,01; *p < 0,05
(Saját számítás, 2020)

exportban (EX), a végső energiafogyasztásban (FEC), valamint a hő- és áramtermelésben (TI) figyelhető meg, ahol Málta, Ciprus, Luxemburg, Szlovénia, Szlovákia, Írország, Bulgária, Litvánia jelentős növekedést mutat. A fő nyertesek 2002–2006 és 2007–2011 közötti időszakokban az Egyesült Királyság, Svédország, Dánia, Ausztria, Olaszország, Franciaország és Belgium voltak.

A biomassza-alapú primer energiatermelés (PP) alakulását a YSI-index (Yield Stability Index) (Vízvári–Bacsi, 2002) alkalmazásával vizsgáltuk az egyes időintervallumokban (2. táblázat). Az első időszakban a primer energiatermelés (PP) számos tagállamban nőtt, különösen Luxemburgban és Magyarországon. A második időszakban a tagállamokban Belgium, Szlovákia és Lengyelország kivételével a primer energiatermelés növekedési üteme kevésbé volt jellemző. A harmadik időszakban már számos tagállamnak (Egyesült Királyság, Észtország, Luxemburg, Litvánia, Írország, Németország, Csehország, Spanyolország és Bulgária) sikerült növelni a termelést. Még a vezető bioenergia-előállító tagország, Németország esetében is megfigyelhető a termelés növekedésének lassulása a vizsgált időszakokban.

A vizsgált időszakok egészét tekintve látható, hogy minden tagállamban emelkedett a biomassza-alapú primer energiatermelés (PP). A 2002–2006 közötti időszakban csak néhány tagállamban (Cseh Köztársaság, Litvánia, Lengyelország, Portugália, Svédország) volt stabil a termelés növekedése. A 2007–2011 közötti időszakban a Cseh Köztársaság és Lengyelország mellett Horvátországban és Bulgáriában is folyamatosan növekedett a primer energiatermelés). Az utolsó időszakban csak az Egyesült Királyság volt képes jelentősen növelni termelését. A hozamstabilitási mutató (YSI) az egész időszakban Finnországban, Litvániában és Németországban volt a legmagasabb.

KÖVETKEZTETÉSEK

Az EU részesedése a globális primer energiatermelésben csupán 5% és a bruttó végső energiafogyasztásban is csak 13%, ami a fosszilis tüzelőanyagoktól való nagy importfüggőségét jelenti (50% feletti). Az EU biomassza-állománya a globális biomassza-állomány 9%-át teszi ki. A biomassza részesedése a globális primer energiatermelésben 10%, míg a globális energiafogyasztásban 13%, ezzel szemben az EU-ban a primer energiatermelés 18%-a és a végső energiafogyasztás 10%-a biomassza-alapú. Ennek oka az, hogy az EU-ban a villamos- és hőerőművek biomassza fogyasztása viszonylag magas, komoly áram- és hőtermelési veszteségek mellett.

Az EU-ban 2002 és 2016 között a bioenergia végső fogyasztása csaknem 50%-kal bővült. A biomassza-alapú primer energiatermelésben, ezen belül a hő- és áramtermelésben, valamint az energiafogyasztásban (ipari, közlekedési és egyéb

ágazatok) Németország, Svédország, az Egyesült Királyság, Franciaország, Olaszország, Spanyolország és Finnország vezeti a sorrendet az EU-ban. Ezzel szemben Málta, Ciprus és Luxemburg szerepe elhanyagolható, míg Lengyelország, Románia és a Cseh Köztársaság komoly növekedést ért el a bioenergia termelésében és fogyasztásában a vizsgált időszakban. A vizsgált időszakok egészét (2002–2006, 2007–2011 és 2012–2016) tekintve látható, hogy minden tagállamban emelkedett a biomassza-alapú energiatermelés. Az egyes időintervallumok összehasonlításából a tagországokban megfigyelhető a bioenergia-termelés növekedésének lassulása a vizsgált időszakokban. A hozamstabilitási mutató az egész időszakban Finnországban, Litvániában és Németországban volt a legmagasabb.

Az EU szinte önellátó a biomassza-termelés és -felhasználás terén, de nagymértékben függ a fosszilis tüzelőanyagtól, ezért ösztönzik a megújuló energia és az egyéb bioalapú anyagok előállítását a fosszilis eredetű termékek helyettesítéséhez. A hosszú távú előrejelzések szerint a megújuló energiatermelésben a bioenergia aránya továbbra is 60–65% körül alakul, míg az egyéb megújuló energiáé (nap-, szél-, vízenergia stb.) továbbra is 35–40%-ot tesz ki. Amennyiben nem sikerül az egyéb megújuló energia arányát növelni, az EU 2050 után is jelentős energiainportra szorul (napenergiából termelt zöld áram), elsősorban Afrikából.

A 132805 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a K_19 pályázati program finanszírozásában valósult meg.

IRODALOM

- DBnomics (2019): *Supply, Transformation and Consumption of Renewable Energies – Annual Data* [nrg_107a]. https://db.nomics.world/Eurostat/nrg_107a?q=biomass
- Eurostat (2019a): *Supply, Transformation and Consumption of Renewable Energies-Annual Data* (nrg_107a). <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/external/supply-transformation-consumption-renewable-energies>
- Eurostat (2019b): *Statistics Explained, Glossary on Biomass*. <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Biomass>
- Fróna D. – Kőmíves P. M. (2019): A mezőgazdasági munkaerő sajátosságai. *Gazdálkodás*, 63, 5, 361–380. <https://ageconsearch.umn.edu/record/296487/?ln=en>
- Fróna D. – Szenderák J. – Harangi-Rákos M. (2019): The Challenge of Feeding the World. *Sustainability*, 11, 20, 5816, 1–17. DOI: 10.3390/su11205816, <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/20/5816/htm>
- Harshman, R. A. – Lundy, M. E. (1994): PARAFAC: Parallel Factor Analysis. *Computational Statistics & Data Analysis*, 18, 1, 39–72. DOI: 10.1016/0167-9473(94)90132-5
- Oláh J. (2021a): *Az élelmezés- és környezetbiztonság kihívásai az EU bioökonómiai stratégiájának tükrében*. MTA-tézis. Budapest: Magyar Tudományos Akadémia, <http://real-d.mtak.hu/1314/>
- Oláh J. (2021b): *Az élelmezés- és környezetbiztonság kihívásai az EU bioökonómiai stratégiájának tükrében*. MTA Disszertáció. Budapest: Magyar Tudományos Akadémia, <http://real-d.mtak.hu/1314/>

- Oláh J. – Popp J. (szerk.) (2021): *A fenntartható fejlődés záloga a körforgásos bioökonómia*. Budapest: Szaktudás Kiadó Ház Zrt. <https://szaktudas.hu/webshop/564-a-fenntarthato-fejlodes-zaloga-a-korforgasos-bioekonomia>
- Tóth J. – Magda R. (2019): A „zöld” metanol szerepe a fenntartható energiagazdálkodásban. The Green Methanol Playing a Role in Sustainable Energy Management. *International Journal of Engineering and Management/Műszaki és Menedzsment Tudományi Közlemények*, 4, 4, 249–258. DOI: 10.21791/IJEMS.2019.4.28
- Vízvári B. – Bacsó Z. (2002): Technological Development and the Stability of Technology in Crop Production. *Journal of Central European Agriculture*, 3, 1, 63–72. <https://jcea.agr.hr/en/issues/article/48>