



Szent István Egyetem

Doktori (PhD) értekezés

**A HAGYOMÁNYOS BIOÜZEMANYAGOK TERMELÉSÉNEK
GAZDASÁGI KÉRDÉSEI**

Lászlók Anett

**Gödöllő
2019**

A doktori iskola

megnevezése: Gazdálkodás és Szervezéstudományok Doktori Iskola

tudományága: gazdálkodás- és szervezéstudományok

vezetője: Prof. Dr. Lakner Zoltán
egyetemi tanár, MTA doktora
Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi Kar
Élelmiszertechnológiai Intézet

Témavezető: Prof. Dr. Takács István
egyetemi tanár
Óbudai Egyetem, Keleti Károly Gazdasági Kar
Gazdaság- és Társadalomtudományi Intézet

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

TARTALOMJEGYZÉK

1	BEVEZETÉS	1
1.1	A témaválasztás aktualitása	1
1.2	A kutatás célja és hipotézisei	2
2	SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	4
2.1	A bioüzemanyag piac komplex elemzése.....	4
2.1.1	A bioüzemanyagok fogalma és fajtái	4
2.1.2	A hagyományos bioüzemanyag-gyártás folyamata és melléktermékei	6
2.1.3	A bioüzemanyag-gyártás nemzetközi fejlődése	9
2.1.4	A bioüzemanyagok termelésének és felhasználásának jogi szabályozása.....	12
2.1.5	A bioüzemanyag termelés alakulása	16
2.1.6	A szántóföldi növénytermelés alakulása	19
2.1.7	A bioüzemanyag termelés élelmiszerárakra gyakorolt hatása	22
2.1.8	A bioüzemanyag termelés foglalkoztatásra gyakorolt hatása	24
2.1.9	A bioüzemanyag termelés energiamérlege.....	26
2.1.10	A bioüzemanyag termelés környezetre gyakorolt hatása.....	27
2.2	A hatékonyságvizsgálat mutatói	30
2.2.1	A burkolófelület elemzés elméleti alapjai	31
2.2.2	A teljes tényező termelékenység mérésének elméleti alapjai.....	35
2.2.3	Relatív hatékonyságvizsgálatok a mezőgazdaságban	37
3	ANYAG ÉS MÓDSZER.....	44
3.1	Anyag.....	44
3.1.1	Eurostat adatbázis.....	44
3.1.2	FAOSTAT adatbázis	44
3.1.3	Az Európai Bizottság Tesztüzemi Rendszere	44
3.1.4	A magyar mezőgazdasági tesztüzemi információs rendszer.....	46
3.2	Módszerek	48
3.2.1	Korreláció-elemzés.....	48
3.2.2	Trendszámítás.....	48
3.2.3	Főkomponens-elemzés	49
3.2.4	Klaszterelemzés.....	50
3.2.5	Burkolófelület elemzés.....	51
3.2.6	Malmquist index.....	52
4	A KUTATÁS EREDMÉNYEI	55
4.1	A vizsgált országok bioüzemanyag termelésének és szántóföldi növénytermelésének elemzése	55

4.1.1	A vizsgált országok bioüzemanyag termelésének elemzése és előrejelzése.....	55
4.1.2	A vizsgált országok szántóföldi növénytermelésének hatékonyság elemzése...	65
4.1.3	A szántóföldi növénytermelés és a bioüzemanyag termelés korrelációs kapcsolata	74
4.1.4	Az energianövény termelés és a jövedelmezőség kapcsolata	75
4.1.5	A földhasználat-változás elemzése.....	83
4.2	Magyarország szántóföldi növénytermelésének üzemi szintű elemzése.....	87
4.2.1	A teljes tényezős termelékenység elemzése Magyarországon Malmquist index segítségével	87
4.2.2	A szántóföldi növénytermelés relatív hatékonyságának alakulása Magyarországon	90
4.2.3	Az egyes megújuló energiatermelésre is alkalmas növény relatív hatékonyságának alakulása	94
4.3	A hipotézisek ellenőrzése	105
4.4	Új és újszerű tudományos eredmények	106
5	KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK.....	108
6	ÖSSZEFOGLALÁS	113
7	SUMMARY	115
8	MELLÉKLETEK	117
M1:	HIVATKOZOTT IRODALMAK	118
M2:	ÁBRÁK JEGYZÉKE	133
M3:	TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE	135
M4:	RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE.....	137
M5:	MELLÉKLETEK	138
	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	151

1 BEVEZETÉS

A világ globális energiaigénye folyamatosan nő. Az emberiség létszámbeli gyarapodása, valamint a gazdasági és technikai fejlődés egyik hozadéka a mind nagyobb mértékű energiafogyasztás, amit az előrejelzések szerint a fosszilis energiahordozók egyre kisebb mértékben tudnak fedezni. Felvetődik a kérdés, hogy a jövőben milyen erőforrások állnak majd rendelkezésre a növekvő szükségletek kielégítésére. Az 1973-ban kirobbant olajválság döbentette rá először a fejlett ipari országokat arra, hogy a Föld fosszilis energiatartalékai végesek, így felmerült a növénytermelési termékek energetikai hasznosításának gondolata.

A biomassza energetikai célú felhasználásának kutatása Magyarországon az 1980-as években kezdődött és elsősorban a növénytermelés melléktermékeire koncentrált (LEHOCZKI – TAKÁCS, 1981), (LEHOCZKI – TAKÁCS, 1983). Az 1990-es években már sokkal inkább a különböző energetikai célú hasznosításra termesztett növények és az azok hasznosítására alkalmas technológiák felé fordult a kutatók figyelme (TAKÁCS et al., 2012). Olyan komplex problémákra kerestek megoldást, amely már nem kizárólag energetikai, hanem – többek között – regionális, vidékfejlesztési, hulladékgazdálkodási kérdésekre is választ adott. Számos tanulmány született a témával kapcsolatban, melyek a fás (TÉGLA et al., 2012), (DEÁK – FERENCZ, 2017), (TÉGLA, 2017) és nem fás szárú energianövények (FOGARASSY, 2001a), (FOGARASSY et al. 2001), (KÁPOSZTA et al., 2006), a folyékony bioüzemanyagok (ILLÉS – VIDA, 2009), vagy a biogáz előállítás (KOHLEB et al., 2009), (VIDA – DUNAY, 2014) kérdéseit vizsgálták.

1.1 A témaválasztás aktualitása

Magyarország természetföldrajzi adottságai szántóföldi növénytermelésre igen kedvezőek. Az éghajlati tényezők (csapadék, hőmérséklet, napfény) és a domborzati viszonyok kedvező feltételeket teremtenek a mezőgazdálkodás, ezen belül a szántóföldi növénytermelés számára. A mezőgazdaság bruttó hazai termékén (GDP) belüli részaránya azonban az elmúlt 20 évben csaknem a felére csökkent az ipari és a szolgáltató ágazatok dinamikus fejlődése miatt, az abszolút termelési érték viszont nőtt. 2016-ban a GDP termeléséhez a mezőgazdaság 3,7%-kal járult hozzá, szemben az 1995. évi 7,1%-kal.

Magyarországon az egy lakosra jutó mezőgazdasági terület másfélszerese az Európai Unió átlagának. Az ország saját népessége ellátásán túl jelentős mezőgazdasági exportárualap előállítására is képes lenne. Ez azonban az utóbbi 20-25 évben kihasználatlan maradt, elsősorban az ágazat alacsony jövedelmezősége miatt. 1970 és 1980 között Magyarország több mezőgazdasági terméke is (pl. búza, kukorica, napraforgó) az egy főre jutó termelés esetében a világ első három helyezettje közé került, majd az exportpiacok beszűkültek és a belső piaci kereslet tartósan visszaesett (SOMAI, 2004).

A prognózisok szerint Magyarország lakossága folyamatosan csökkenni fog. A népesség várhatóan 2030-ban 9 milliárd fő körül fog alakulni, ezért a mezőgazdasági termelés növelése csak akkor indokolt, ha a keletkezett terméktöbblet gazdaságosan exportálható, vagy valamilyen más erőforrás (pl. üzemanyag) pótolható vele.

A bioüzemanyagok előállítása jó felvevőpiaca lehet a szántóföldi növénytermelés élelmezésen és takarmányozáson felül keletkezett terméktöbbletének. A magas keményítőtartalmú növényekből (búza, kukorica, burgonya, cukorrépa) etanol, míg a magas olajtartalmú növényekből (repce,

napraforgó, szója) közvetlenül is felhasználható növényi olaj, illetve észterezéssel és metanol felhasználásával biodízel állítható elő (HANCSÓK, 2004).

A felhasznált bioüzemanyag mennyiségének alakulását hazánkban az Európai Unió által meghatározott célkitűzések befolyásolják leginkább. Az EU 2020-ra a megújuló energiaforrások részarányát a teljes energiafelhasználás 20%-ában határozta meg, melyből a közlekedésben elérendő célszám 10%. Az EU bioüzemanyag politikájával elsősorban a következő problémák megoldását várta:

- a fosszilis üzemanyagoktól való függőség csökkentése és ezzel az energiaellátás biztonságának javítása,
- az üvegházhatású gázok (ÜHG) kibocsátásának csökkentése és ez által a klímaváltozás lassítása,
- kereslet generálása a mezőgazdasági feleslegek levezetésére és ezzel a gazdálkodók jövedelemtámogatása.

A bioüzemanyag-gyártás az EU-ban ma már több mint húsz éves múltra tekint vissza. Az első generációs bioüzemanyagok egyre nagyobb mennyiségű előállításával párhuzamosan komoly tudományos és társadalmi viták alakultak ki alkalmazásukkal kapcsolatban. A viták középpontjában az élelmiszer biztonság, a földhasználat változás, környezetvédelmi és gazdasági kérdések álltak.

Egyes kutatók szerint a bioüzemanyag előállítás rohamos növekedése nagymértékben befolyásolhatja és veszélyeztetheti a mezőgazdasági és az élelmiszeripari termelést, mert egyszerre történik meg a gazdasági versengés az élelmiszer-, a takarmány- és az energiaipar között ugyanazon terményekért (CSIPKÉS, 2011), (LÁSZLÓK, 2013).

Míg más kutatók szerint a magyar bioüzemanyag-gyártás hozzájárulhat a mezőgazdasági termékpályák stabilizálásához, a magasabb feldolgozottsági fokú és hozzáadott értékű termékek piaci megjelenéséhez, egyben helyben tartva ennek jövedelmét és foglalkoztatásban jelentkező hatását is (BAI – JOBBÁGY, 2011).

1.2 A kutatás célja és hipotézisei

Kutatásomban elsősorban a hagyományos, élelmiszer- és takarmány alapanyagokból előállított első generációs bioüzemanyagokkal kapcsolatos vitatott kérdések megválaszolására koncentrálok. A témával kapcsolatos szakirodalom áttanulmányozása után a következő célokat fogalmaztam meg:

- C1.** A disszertáció megírása során első célom volt megvizsgálni, hogy a bioüzemanyagok termelése hogyan alakult azokban az európai országokban, amelyekben a legtöbb bioüzemanyagot állították elő 2004 és 2016 között és várható-e további növekedés a termelésben.
- C2.** Az Európai Unió megújuló energiaforrásokkal kapcsolatos 2020. évi célkitűzésének teljesítéséhez egyre több bioüzemanyag előállítására van szükség. A bioüzemanyagok előállításának növeléséhez azonban egyre több alapanyagra van szükség. A kereslet növekedése az alapanyagok iránt árfelhajtó hatással bír, mert megindul a verseny az élelmiszer-, a takarmány- és a bioüzemanyag ipar között. Mindezek miatt célom volt megvizsgálni, hogy a legtöbb bioüzemanyagot előállító európai országokban hogyan alakult a szántóföldi növénytermelés hatékonysága, az energianövényt termelő üzemek jövedelmezősége és hogy történt-e változás a földhasználatban.

C3. Céлом volt továbbá megvizsgálni, hogy Magyarországon az exportpiacok beszűkülése után a hagyományos bioüzemanyag termelés beindulása és növekedése javított-e a szántóföldi növénytermelés termelékenységén, valamint hogy az egyes energetikai célra is felhasználható szántóföldi növények termelése esetében vannak-e még hatékonysági tartalékok, melyek kiaknázásával szükség esetén tovább növelhető a termelés volumene.

A kutatás céljaihoz igazodva a következő hipotéziseket fogalmaztam meg, melyeket vizsgálataim során igazolni kívántam:

H1. A hagyományos bioüzemanyagok előállítása az Európai Unióban jelentősen már nem fog növekedni.

H2. A hagyományos bioüzemanyagok termelése hatással van a szántóföldi növénytermelés alakulására.

H2.1 Szignifikáns kapcsolat van a szántóföldi növénytermelés hatékonysága és az előállított első generációs bioüzemanyagok mennyisége között.

H2.2 Az energianövény termeléssel is foglalkozó üzemeknek magasabb a jövedelmezősége.

H2.3 A hagyományos bioüzemanyagok termelése az alapanyagként felhasznált szántóföldi növények betakarított területének és hozamának növekedésével járt.

H3. Magyarországon a hagyományos bioüzemanyag termelés növekedésének hatására a szántóföldi növénytermelés teljes tényezős termelékenysége növekedett.

H4. Van még hatékonysági tartalék a magyar szántóföldi növénytermelésben a hagyományos bioüzemanyagok előállítására is alkalmas növények esetében.

Az egyes hipotézisek igazolásához a következő módszereket használtam fel (1. táblázat):

1. táblázat: A hipotézisek igazolására felhasznált módszerek

Célok		Hipotézisek	Módszerek		
C1	Szakirodalmi áttekintés	H1	Logisztikus trendszámítás	→	Eredmények, következtetések
C2		H2.1	Hatékonyság elemzés, rangkorreláció számítás	→	
		H2.2	Főkomponens-elemzés, klaszterelemzés	→	
		H2.3	Megoszlási viszonyszám	→	
C3		H3	Teljes tényezős termelékenység (TFP), mozgóátlagú trendszámítás	→	
		H4	Burkolófelület elemzés (DEA), mozgóátlagú trendszámítás	→	

Forrás: Saját szerkesztés

2 SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 A bioüzemanyag piac komplex elemzése

2.1.1 A bioüzemanyagok fogalma és fajtái

A bioüzemanyag biomasszából előállított folyékony, vagy gáz halmazállapotú üzemanyag. Az előállításához felhasznált alapanyagok és az alkalmazott technológia fejlettségi szintje szerint megkülönböztethetünk első-, második-, és harmadik generációs bioüzemanyagokat (2. táblázat).

2. táblázat: A bioüzemanyagok típusainak áttekintése, alapanyagaik és termelési eljárásaik

Bioüzemanyag típusa	Egyéb elnevezés	Alapanyag	Termelési eljárás
Első generációs bioüzemanyagok			
Bioetanol	konvencionális bioetanol	gabonafélék, cukorrépa	hidrolízis és fermentáció
Bio-ETBE		bioetanol	kémiai szintézis
Növényi olajok	tiszta növényi olaj (Pure Plant Oil - PPO)	olajnövények	hideg sajtolás, extrakció
Biodízel	biodízel energianövényekből: repce metilészter (Rapeseed Methyl Ester - RME), zsírsav-metil-észter (Fatty Acid Methyl Ester - FAME)	olajnövények	hideg sajtolás, extrakció és átészterezés
Biodízel	hidrogénezett biodízel (Hydrotreated Vegetable Oil - HVO)	növényi olajok, állati zsír	hidrogénezés
Biogáz	tisztított biogáz	nedves biomassza	anaerob fermentáció
Második generációs bioüzemanyagok			
Bioetanol	cellulóz alapú etanol	lignocellulóz	előkezelés, fejlettebb technológiát képviselő hidrolízis és fermentáció
Biodízel	biodízel hulladékokból	használt sütőolaj, állati zsír	átészterezés
Szintetikus bioüzemanyagok	Biomass to Liquid (BTL) üzemanyagok: Fischer-Tropsch dízel, szintetikus biodízel, biometanol, biodimetil-éter (Bio-DME)	lignocellulóz	gázosítás és szintézis
Biogáz	szintézis gáz (Synthetic Natural Gas - SNG)	lignocellulóz	gázosítás és szintézis
Biohidrogén		lignocellulóz	gázosítás és szintézis, biológiai eljárás
Harmadik generációs bioüzemanyagok			
Algaolaj-metilészter		alga	átészterezés

Forrás: EC (2006) alapján saját szerkesztés

A folyékony bioüzemanyagok két fő fajtája a bioetanol és a biodízel. A bioetanol kémiai úton etilénből, biokémiai úton magas cukor-, keményítő- és cellulóztartalmú növényekből állítható elő. Az első generációs etanolgyártás legfontosabb nyersanyagai a cukortartalmú növények közül a cukorrépa, a cukornád, a takarmányrépa, a cukorcirok; a keményítőtartalmú növények közül a kukorica, a búza, az árpa és a burgonya. Az etanol üzemanyagcélra használható tisztán a benzinbe keverve 10 térfogatszázalékig. Az etanol és izobutilén keverékével állítható elő az ETBE (etil-tercier-butil-éter), ami egy oxigén tartalmú üzemanyag adalék. Az ETBE 43-47% közötti etanoltartalma miatt bioüzemanyagnak tekinthető. A benzin, az etanol és az ETBE energiataralma lényegesen különbözik egymástól. A motorbenzin fűtőértéke a legnagyobb (32 MJ/liter), míg az

etanolé a legkisebb (21 MJ/liter). Az ETBE fűtőértéke a benzin és az etanol között van, 27 MJ/liter. Az etanol a benzinnel képest magasabb oktánszámú, így hatékonyabban ég el, javítva ezzel a motor hatékonyságát. Az alacsonyabb égéshő miatt azonban ugyanakkora út megtételéhez kicsivel több etanolra van szükség, mint benzinnel.

Biodízel alatt a növényi olajok bontásából keletkező növényi zsírsavak metilalkohollal történő átészterezésével nyert zsírsav-metilésztereket értjük. Az első generációs biodízel termelésére a nagy olajtartalmú növények, mint például a repce, a napraforgó, a szója, az olajpálma és a mogyoró a legalkalmasabbak. A biodízel akár tisztán is felhasználható üzemanyagként, vagy bizonyos arányban (a jelenlegi üzemanyag szabványok szerint 7 térfogatszázalékig) a gázolajba keverhető. A biodízel energiatartalma közelebb áll a gázolajéhoz, mint az etanol a benzinnel, de a fűtőértékét befolyásolja a felhasznált alapanyag fajtája (FOGARASSY, 2001b). A gázolaj fűtőértéke 36 MJ/térfogatszázalék, míg a biodízélé 33 MJ/térfogatszázalék, így a biodízel felhasználás esetén is többletanyagokra kell számítani.

A hagyományos bioüzemanyagokkal szemben a második generációs bioüzemanyagok alapanyagai már nem élelmiszer- és takarmánynövények, ezért nem feltétlenül versenyeznek a termőföldért. A második generációs bioüzemanyagok alapvetően biokémiai és termokémiai eljárással állíthatók elő. A biokémiai eljárások közé tartozik az alkoholos erjedés. Ekkor az aprítást, az előkezelést és az enzimes hidrolízist követően nyert erjeszhető cukorból kémiai reakció útján etanol keletkezik. A cellulóz alapú bioetanol előállításához az alapanyagok széles köre, mint például a kukoricaszár, a gabonaszalma, az erdészeti melléktermékek és a faipari hulladékok használhatók fel (POPP – POTORI, 2011).

A bioüzemanyagok előállítása során biokémiai eljárások mellett termokémiai módszereket is alkalmaznak. A termokémiai átalakításnak öt fő módját alkalmazzák: a pörkölést, a pirolízist, a gázosítást, a cseppfolyósítást és az égetést. Ekkor az alapanyagokat a szárítást és az aprítást követően hevítik, általában valamilyen katalizátor jelenlétében. A folyamat során szilárd, folyékony és gáz halmazállapotú termékek keletkeznek. Elgázosításkor a keletkező szintézisgáz többféleképpen konvertálható hajtóanyaggá: fermentálással etanollá, Fischer–Tropsch-eljárással dízelolajjává, vagy repülőgépjármű-hajtóanyaggá, katalízissal többféle alkohollá, jellemzően metanollá. Pirolízis során különféle bioolajok (pl. biometanol) desztillálhatók, melyekből finomítást követően olajtermékek széles köre állítható elő (BAI, 2011).

A biogáz szerves anyagok anaerob erjedése során képződő, a földgáz fűtőértékének mintegy kétharmadával bíró, eltüzelhető légnemű anyag. A biogáz erőművek döntően állati ürülék (híg- és istállótrágya), szennyvíziszap és növényi zöldhulladék keverékével üzemelnek (VIDA – DUNAY, 2014). A mezőgazdasági melléktermékekre alapozott biogáz erőművek élelmiszeripari és élelmiszer hulladékokat is kevernek a biomasszába, mint például a vágóhídon, vagy halfeldolgozás során keletkező hulladékok, ételmaradékok.

A növényi biomassza, a mezőgazdasági és ipari (gyümölcsfeldolgozó ipar, papíripar, élelmiszeripar stb.) eredetű cellulóz-, hemicellulóz-, vagy lignintartalmú alapanyagok és melléktermékek szinte kimeríthetetlen – szénhidrátban gazdag – forrást jelentenek, és potenciálisan felhasználhatók biohidrogén előállításra. A komplex összetételű anyagok biohidrogénné fermentálhatóságának kulcslépése a hidrolízis. Ahhoz azonban, hogy a hidrolízis jó hatásfokkal működhessen, a legtöbb esetben szükség van valamilyen fizikai (pl. aprítás, darálás), kémiai (savas vagy lúgos előkezelés) vagy enzimatisz előkezelésre. Az előkezelt biomasszából bioreaktorokban állítják elő a hidrogént, melyet a felhasználási céltól függően tisztítani kell (BAKONYI, 2012).

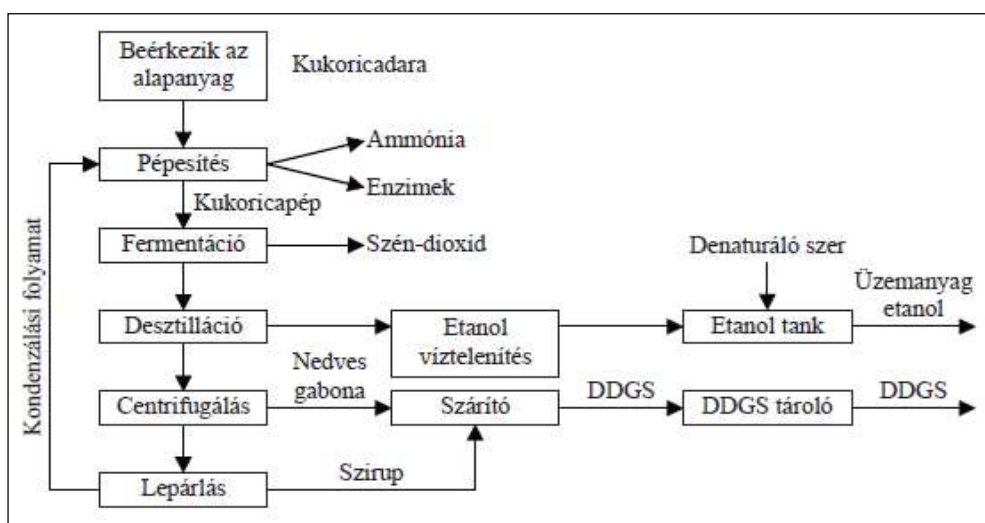
Harmadik generációs bioüzemanyagoknak azokat a bioüzemanyagokat nevezzük, amelyek előállításához kizárólag bioüzemanyag-gyártás céljából termelt alapanyagokat használnak fel, mint például lágú- és fás szárú energianövények, algák. Az algaolaj sok szempontból (sűrűség, viszkozitás, fűtőérték) közelebb áll a dízelolajhoz, mint a többi növényi olaj, ugyanakkor a többi növényolajnál több többszörösen telítetlen zsírsavat tartalmaz. Ez hátrányosan befolyásolja a belőle készített biodízel stabilitását, viszont jóval könnyebb hidegindítást tesz lehetővé. Az algaolaj nagy telítetlen zsírsavtartalma, magas jódszáma, valamint magas nyomelem-tartalma táplálkozás élettani szempontból kiválóak, azonban az algaolaj átészterezését megnehezíthetik (BAI – JOBBÁGY, 2014).

Az algák a növekedési és olajtermelési képesség tekintetében a leghatékonyabb organizmusok. Hektárra vetített olajhozamuk jóval nagyobb, mint a termelésben lévő, ismert olajnövényeké, ezért területigényük lényegesen kisebb. A biodízel előállítás folyamata megegyezik az első, illetve a második generációs biodízelekével, az alapanyag előállítása azonban környezetvédelmi szempontból (szennyvíz-, hulladék hő- és széndioxid-hasznosítás) egyedülállóan hatékony rendszer. A legfőbb probléma azonban az előállításukhoz szükséges berendezések ára. Az algák tenyésztése némi tápanyag és víz mellett nagy mennyiségű széndioxidot, intenzív megvilágítást és fagymentes környezetet igényel, ezért a kísérleteket főként erőművek közelében végzik (POPP – POTORI, 2011).

Jelen disszertáció csupán a szántóföldi növénytermelésből származó biomasszával és az abból előállítható első generációs folyékony bioüzemanyagok gazdasági kérdéseivel foglalkozik.

2.1.2 A hagyományos bioüzemanyag-gyártás folyamata és melléktermékei

Az etanol előállítása száraz és nedves őrléses eljárással készülhet. A kétféle előállítási mód ugyanazon alapanyag esetében is kissé eltérő mennyiségű etanolt és különböző típusú és mennyiségű mellékterméket eredményez, amelyek főként állati takarmányként használhatók fel (SINGH et al., 2001).



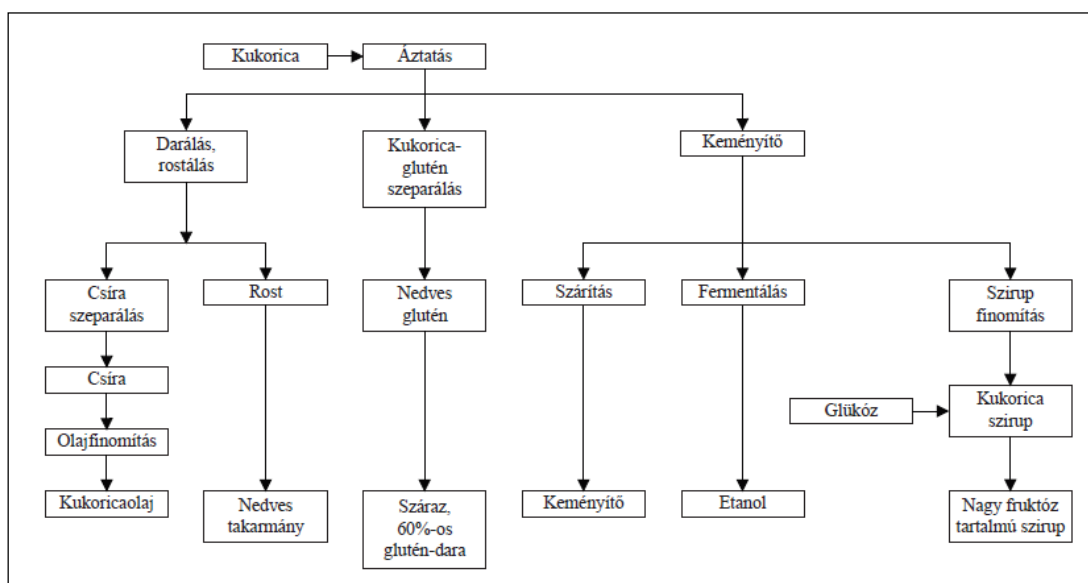
1. ábra: A száraz őrléses bioetanol előállítás folyamata

Forrás: HINGYI et al. (2006) 146. p.

A száraz őrléses etanol előállítás (1. ábra) során a keményítőtartalmú gabonát megdarálják, majd vízzel pépesítik, de a darát nem választják szét alkotórészeire, mint a nedves őrléses eljárásnál. Enzimeket adagolnak a péphez, hogy a keményítőtől dextrózt (glükózt) nyerjenek. A pépet magas hőfokra hevítik, hogy megakadályozzák a baktériumok elszaporodását. A lehűtött pépet

fermentálják, mely során élesztő hozzáadásával a cukorból etanol és CO₂ keletkezik. A fermentáció után a keletkezett anyagból leválasztják az etanolt, amit desztillálnak, majd tovább víztelenítenek és végül a víztelenített alkoholt 5%-os denaturáló-szerrel keverik össze (HINGYI et al., 2006).

A száraz őrléses eljárás során az etanol mellett nagymennyiségű CO₂ és szárított gabonatörköly (Distillers Dried Grain with Solubles - DDGS) keletkezik. A száraz őrléses eljárás során körülbelül 1t kukoricából 300-320 kg etanol, 290 kg DDGS és körülbelül 300 kg CO₂ keletkezik (BAI, 2013). A DDGS fehérjében, energiában, ásványi anyagban és vitaminban gazdag, hús- és tejhasznú szarvasmarhák számára könnyen emészthető fehérje- és energiaforrás, de baromfi- és sertéstakarmányként is felhasználható. Az etanolt száraz őrléses eljárással előállító üzemek nettó árbevételének körülbelül a 88-90%-át az etanolgyártás, 10-12%-át pedig a DDGS értékesítése teszi ki (POPP, 2007).



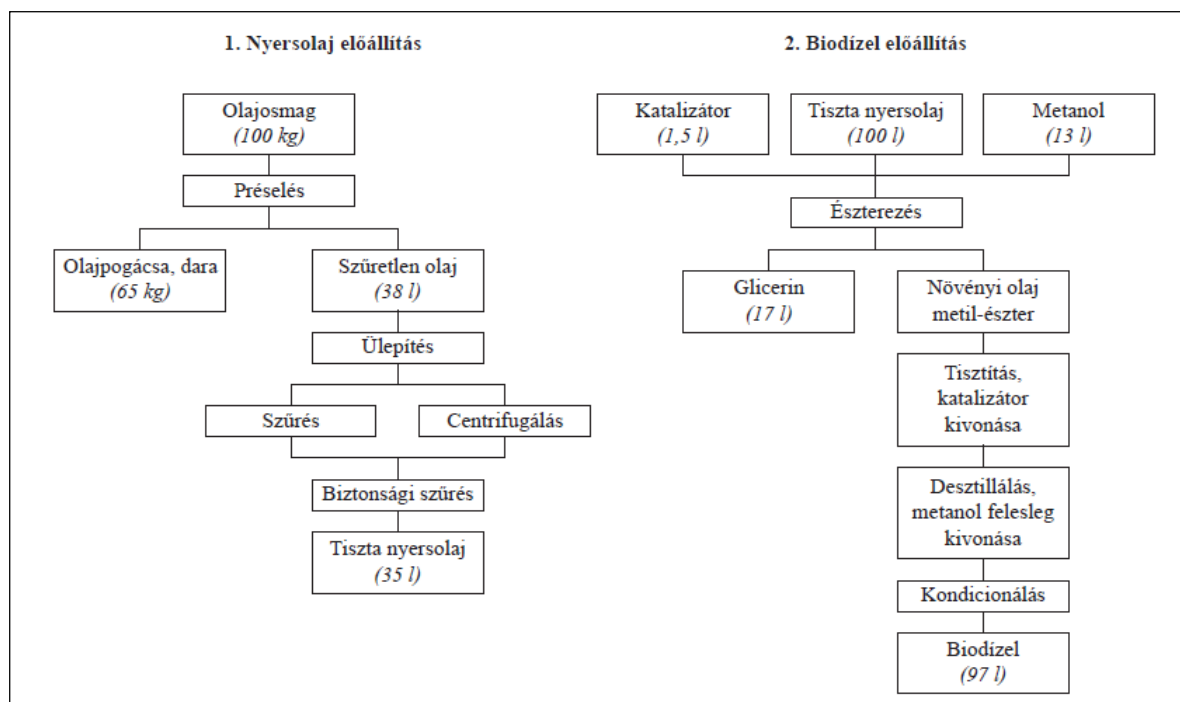
2. ábra: A nedves őrléses bioetanol előállítás folyamata

Forrás: HINGYI et al. (2006) 145. p.

A nedves őrléses etanol előállítás (2. ábra) során a kukoricát gyenge kénsavas oldatban áztatják 24-48 órán át. Ez a folyamat hidratálja és lágyítja a magokat és kioldja a baktériumokat a csírából. Áztatás után a kukoricát darálják és az így kapott kukoricapépből kivonják a kukoricacsírát. A kukoricacsírából vagy helyben kiperéselik az olajat, vagy értékesítik. A maradék rost-, glutén-, és keményítő-komponensek szegregációját tovább folytatják. Az áztató folyadékból párologtató berendezések segítségével kivonják a nedvességet. A keletkezett koncentrált terméket a kukorica-glutént takarmány alapanyagként értékesítik. A nedves gluténból szűrés és szárítás után kukorica-glutén darát állítanak elő. A keményítóből vagy fermentációval etanolt, vagy szárítással kukorica keményítőt készítenek, vagy kukorica sziruppá dolgozzák fel (SINGH et al., 2001).

A nedves őrléses etanol előállítás során értékes melléktermékek keletkeznek, melyek értékes takarmány és élelmiszer alapanyagok lehetnek és melyek értékesítésével az etanol előállító üzem jelentősen növelheti az árbevételét. Ezzel a technológiával 1 t kukoricából 290 kg etanol mellett 200 kg glutén, 50 kg kukoricahély és 30 kg kukoricacsíra nyerhető (HINGYI et al., 2006). A nedves őrléses bioetanol előállítás egyik fő mellékterméke a nedves gabamoslék (Wet Distillers Grains with Solubles – WDGS). A WDGS önmagában egy nehezen kezelhető állagú, rövid ideig tárolható, ugyanakkor tápértékben rendkívül gazdag visszamaradott anyag, Szárazanyag-tartalma igen alacsony, ezért csak az etanol üzemhez közeli szarvasmarha telepeken, illetve biogáz üzemekben éri meg a hasznosítása. A gabamoslékből szárítással DDGS nyerhető.

A nedves őrléses etanol előállítás során nagymennyiségben keletkezik glutén, melyből kukorica gluténliszt (Corn Gluten Meal – CGM) és kukoricaglutén-takarmány (Corn Gluten Feed – CGF) állítható elő. CGM az áztatóvíz és a korábban leválasztott, majd visszaadagolt kukoricahéj együttes szárításával keletkezik, fehérjetartalma 18-22%. A kérődzők, a baromfik, valamint a sertés takarmányozásban egyaránt kiemelkedő szerepe lehet. A CGF fehérjében gazdag takarmányféle, a kukoricakeményítőtől elválasztott fehérjét tartalmazza. Fehérjetartalma 48-60%. A kukorica áztatására használt áztatóvíz besűrítésével nyerhető a kukoricalekvár, ami az élesztőgyártás és a gyógyszergyártás alapanyaga lehet.



3. ábra: A növényi olaj alapú biodizel előállítás folyamata

Forrás: HINGYI et al. (2006) 147. p.

A biodizel előállításának (3. ábra) első fázisa a növényolaj préselése (vagy a használt sütőolaj szűrése). A magvakból az olaj kinyerése mechanikus préseléssel vagy oldószeres extrakcióval történik. A folyamat során a magot présekkel kisajtolják, majd mechanikai tisztítás, szűrés után kémiai eljárásnak vetik alá. A préselés során nagy fordulatszám alkalmazásakor az alapanyag olajtartalma egy, vagy két lépcsőben 8-12%-ra csökken, miközben az olaj 55-75 °C-ra melegszik fel (meleg sajtolás). A hideg sajtolás 50 °C alatt történik. Ezt az eljárást elsősorban az étkezési célú felhasználásnál és adalékanyagok nélkül érdemes alkalmazni, mert így az olaj vitamin- és tápanyag tartalma nem károsodik és jobb minőségű olajpogácsa marad vissza, viszont a prés teljesítménye és az olajtartalom kinyerhetősége lényegesen csökken (BAI et al., 2002). A biodizel előállításának második fázisában a tiszta nyersolajat metanol és katalizátor segítségével észterezik. A reakciót követően a glicerint eltávolítják a metil-észterekből, majd a metil-észtereket semlegesítik. A biodizelhez savat adagolnak a maradék katalizátor semlegesítésére, és a reakció során esetleg keletkező szappan lebontására. A sókat a vízzel való kimosás során távolítják el, a szabad zsírsavak a biodizelben maradnak. A mosási folyamat után a maradék vizet vákuumos pillanathevítéssel távolítják el (VAN GERPEN, 2005).

A biodizel előállításának első fázisában 100 kg olajosmagból körülbelül 35 l nyersolaj és 65 kg olajpogácsa, vagy extrahált dara keletkezik. A magas olajtartalmú olajpogácsa és a dara értékes fehérjedús takarmányként hasznosítható, de energetikai célra is felhasználható, melyek értékesítésével a biodizelt előállító üzem jelentősen növelheti jövedelmezőségét. Az észterezés

során a kiindulásul szolgáló növényolaj tömegének 9-10%-ával megegyező tömegű glicerint keletkezik melléktermékként. A glicerint a kozmetikai ipar, az élelmiszeripar és a takarmányipar tudja felhasználni, de csak korlátozott mennyiségben, ezért a melléktermék jelentős részét biogáz üzemekben hasznosítják energetikai célokra (POPP – POTORI, 2011). A takarmányogácsa és a glicerint árbevétele nem csak az üzem nyereségére, hanem a biodízel önköltségére is hatással van, mert hiányukban az üzem működési költségeinek nagy része az előállított biodízelt terheli (BAI et al., 2002).

2.1.3 A bioüzemanyag-gyártás nemzetközi fejlődése

A bioalkoholgyártás jelentős történelmi múltra tekint vissza. Henry Ford már a XX. század elején alkohollal üzemeltette első járművét. Magyarországon 1927-ben kezdődött meg a növényi eredetű anyagokból, fermentációval előállított alkohol felhasználása motorhajtásra. Ezt az alkoholt 20%-ban keverték a benzinnel. A biodízel előállításának eljárásait az 1940-es évek elején fejlesztette ki az E.I. duPont és a Colgate-Palmolive-Peet cég kutatói. Az említett két cég szabadalmi leírásaiban szerepel az alkilészterek üzemanyagként való felhasználása. A munka eredeti célja a glicerint egyszerűbb kivonása volt a szappangyártás során, melyre a háború alatt a robbanóanyag-termeléshez volt szükség (VAN GERPEN, 2005).

Az olcsó kőolajárak korszakában a bioalkohol, mint energiaforrás iránti érdeklődés jelentős mértékben csökkent, a gyártás gazdaságtalanná vált, ezért számos európai országban megszüntették az alkohol-benzin keverék hajtóanyag forgalmazását. Franciaországban 1939-ben, Magyarországon 1942-ben fejeződött be a fermentációval előállított alkohol értékesítése a benzinkutakon (BAI et al., 2002).

Az 1973-ban kirobbant energiaválságot követően ismét napirendre került a fermentációval előállított alkohol motorhajtóanyagként történő alkalmazása. Ekkorra már jelentős fejlődés ment végbe a fermentációs technológiában, így az etilén beszerzésének magas ára és a korszerű fermentációs technológia versenyképessé tette a fermentációval előállított etilalkoholt a szintetikus úton gyártott etilalkohollal szemben. Ugyanakkor az energia előállítása az élelmiszertermelés konkurenseként jelentkezett. Több országban felmerült a növénytermelési produktumok energetikai hasznosításának gondolata. Néhány országban a megvalósításig is eljutottak. Brazíliában a cukorrépából alkoholt állítottak elő, amit az autók üzemanyagába kevertek. Az USA-ban támogatták a gabona alapú alkohol előállításának programját (LÁNG, 1985). 1977-ben például Japán, India, az USA és az Európai Közösségek akkori tagállamai etanol igényük több mint 50%-át fermentációval előállított alkohollal elégítették ki.

Brazília bioüzemanyag programja

Az első nemzeti léptékű bioalkohol programot kétéves előkészület után 1975 novemberében fogadták el Brazíliában. Az etanolgyártás növelése előtt az országnak két problémája volt. Egyrészt több cukornádtermelék, mint amennyit értékesíteni tudtak, másrészt a nyersolaj magas importára fékezte a gazdasági növekedést. Az alkoholprogram keretében támogatták a cukornádtermelést és az etanol üzemanyagcélú felhasználását, az autógyárak pedig egyre több tiszta etanolüzemelésű járművet állítottak elő. Ennek eredményeként az összes jármű több mint 30%-a tiszta etanollal (E100) üzemelt. A program első 10 éve alatt a bioalkohol Brazília kőolajszükségletének 15%-át, importjának 30%-át tette ki. Az alkoholprogram környezetvédelmi hatása is jelentős volt, mert 1985-re a brazil nagyvárosok ólomszennyezettségét a 10 évvel korábbi érték 25-40%-ára sikerült csökkenteni. Ebben az időben a brazil cukornádtermelés 47%-át használták fel alkohol előállítására (ennek 10%-a került exportra), 37%-a a belső fogyasztást

elégítette ki és mindössze a termelés 16%-ára korlátozódott a cukornád export részaránya. 1997-re az etanolgyártás mélypontra süllyedt Brazíliában. Az új kormány kevésbé foglalkozott az ország olajellátásának biztonságával, valamint az olajárak csökkenésével és a cukorárak emelkedésével túl költséges lett az etanol előállítása. Ahhoz, hogy az etanol a benzinnel képest versenyképesebb legyen az alacsonyabb energiatartalom miatt az E100 árának a benzinnel 70%-a alatt kellett lennie. Az 1990-es évek végén a nyersolaj árának újbóli növekedésével újra fellendült az etanolgyártás. 2003 márciusától a brazil járműipar úgynevezett flex-fuel, azaz rugalmas, benzinnel és bioetanolal egyaránt üzemeltethető járművek gyártását kezdte meg, ami új forradalmat jelentett a brazil etanol ipar számára (BAI et al., 2002), (POPP, 2007), (SOCCOL et al., 2005).

A brazil kormány a mindenkori cukornád- és etanoltermelés függvényében változtatja az etanol benzinnel történő kötelező bekeverésének arányát, ezért etanolfelhasználási politikája modellértékűnek tekinthető. A bioetanol és a cukor nemzetközi piacának alakulásától függően a kötelező bekeverési arány 20-25% között változik. A belső felhasználás dinamikus bővülése miatt előfordulhat, hogy a cukor kedvező világpiaci ára átmeneti hiányt idéz elő bioetanolból. Ebben az esetben a kötelező bekeverési arányt legfeljebb 20%-ra csökkentik, ellenkező esetben pedig 25%-ra emelik. A brazil etanolüzemek 75%-a cukor és etanolgyártással egyaránt foglalkozik, így a piaci viszonyok függvényében a cukor és az etanol nemzetközi áralakulása dönti el, hogy mi lesz a végtermék (HINGYI et al., 2006).

Brazíliában az első biodízelkutatás 1970-ben kezdődött, amikor a Ceara Szövetségi Egyetem egy új üzemanyagot fejlesztett ki, ami növényi olajokból származott és a hagyományos dízelhez hasonló tulajdonságokkal rendelkezett. A növényi olajok programját 1983-ban indították el az országban, ami jelentősen hozzájárult a növényi olajok járművekben történő alkalmazásához. A Brazíliában előállított biodízel kezdetben szinte kizárólag a belföldi piacon került felhasználásra. A szójabab mellett a legígéretesebb olajnövényük az olajpálma, valamint a jatropha. Brazíliában a biodízel előállításának fő akadálya a nyersanyagköltség ára, ami az értékesítési árakat jelentősen befolyásolja. A szójatermelők egy része közös értékesítési szövetkezetet hozott létre a szójafeldolgozók folyamatos nyersanyagellátása és a saját bevételeik maximalizálása érdekében. A gyártók a mindenkori árak függvényében döntenek el, hogy a végtermék étolaj vagy biodízel lesz. Brazíliában 2008-tól a gázolajba 2% biodízelt kötelező bekeverni. Az adókedvezmény 0-100% között mozog annak függvényében, hogy milyen alapanyagból állítják elő a biodízelt és az milyen adottságú területéről származik. A biodízel árát a kötelező bekeverés aránya és az előállított biodízel volumene határozza meg. A termelési láncból származó melléktermékek értékesítése azonban hozzájárul a biodízel gazdaságos előállításához (SOCCOL et al., 2005), (POPP – POTORI, 2011).

Az USA bioüzemanyag programja

Az Amerikai Egyesült Államokban is az olajsokk hatására indult el az etanolgyártás, azonban a gyártás műszaki feltételei jelentősen eltérnek a brazil bioalkohol programtól. Az etanolt elsődlegesen kukoricából állítják elő. Az USA a világ kukoricatermésének körülbelül a 40%-át termeli meg és a kukorica világexportjának legalább a 60%-át adja. 1980-ban törvényt alkottak arról, hogy adókedvezményekkel támogatják az etanol motorhajtóanyagként történő felhasználását. Minden nagykereskedő, aki vállalta a 10%-os etanolt tartalmazó üzemanyag forgalmazását az egy gallon benzinnel jutó 9 centes fogyasztási adóból 6 cent adókedvezményben részesült. Az egyes tagállamok helyi adókedvezményekkel is támogatták az etanol felhasználását. Azok a termelők, akik a megtermelt kukoricát ipari célokra értékesítették, a piaci átlagár felett támogatásban is részesültek. Az 1980-as évek elején az etanol ipari feldolgozásának jelentős lökést adott az USA-ban megtermelt kukorica exportkorlátozása. A fejlődés harmadik összetevője az volt, hogy a forgalmazott gépjárművek szinte mindegyike alkalmas volt az etanol-benzin keverékének felhasználására. Az 1990-es évek végétől az etanolgyártás kedvező helyzetben volt,

mert a benzinárak nagyobb ütemben emelkedtek, mint a kukoricaárak. Az etanolgyártás felfutását nagymértékben elősegítette az 1990. évi légszennyezési törvény bevezetése is, melynek hatására jelentős mértékben csökkent a tagállamok légszennyezése (BAI et al., 2002).

Ha a bioetanol előállítás mennyiségét vizsgáljuk, az amerikai kapacitás 2007-ben meghaladta a brazilt, ám költséghatékonyságban komoly lemaradása volt a dél-amerikai országhoz képest, amihez a kukoricaár növekedése is hozzájárult. A kukoricaterület növelése elsősorban más növények, mint például a szója és a búza rovására történhet, ami a két növény árának növekedését vonja maga után. Ennek a folyamatnak a legnagyobb nyertese Brazília lehet a szójatermelés további expanziójával. Az USA-ban kukoricatermelés növekedésének kis része a hektárhozam emelkedéséből, nagyobb része a vetésterület növekedéséből származhat (POPP, 2007).

Az etanolgyártás növekedésével párhuzamosan nő a melléktermékek kibocsátása is. Az etanolgyártás legértékesebb mellékterméke a takarmányozásra felhasználható szárított (DDGS), vagy nedves (WDGS) gabonatorrköly. Az USA-ban az etanolüzemek körülbelül 25%-a nedves, míg 75%-a száraz őrlési eljárással állítja elő az etanolt. Nedves őrlési eljárással évente több millió tonna kukoricaglutén takarmányt, kukoricagluténlisztet és kukoricaolajat termelnek. Száraz eljárás esetében az etanolgyártáshoz felhasznált minden tonna kukorica 0,32 tonna szárított gabonatorrköly előállítását eredményezi. Az USDA adatbázisa szerint az Amerikai Egyesült Államokban 2006-ban 8,5 millió tonna DDGS-t állítottak elő, 2010-re a termelés mennyisége meghaladta a 39 millió tonnát, 2017-ben pedig 41 millió tonnánál is több DDGS keletkezett.

Biodízel-gyártásban az USA második helyen áll az Európai Unió mögött. Az amerikai biodízel fő alapanyaga a szója. A termelés – szemben a bioetannal – elsősorban exportcélokat szolgál. Az Egyesült Államokban a biodízelt először 1991-ben a Missouri állambeli Kansas Cityben gyártották. 2002-re Minnesotában a biodízeltre vonatkozó jogszabályok már megkövetelték a 2%-os szójabab biodízel üzemanyagba való bekeverését. A kötelező bekeverési arány tagállamonként változó, 2-20% között mozog. A biodízelgyártás az USA-ban a 2002. évi 10 millió gallonról 2015-re 1,26 milliárd gallonra növekedett (CHEN et al., 2016).

Az etanolgyártáshoz hasonlóan a biodízelgyártáshoz szükséges szójaolaj termelésének növekedése ugrásszerűen megnövelte az USA-ban a takarmányozásra felhasználható, magas fehérjetartalmú szójaliszt mennyiségét. A szójabab feldolgozása során körülbelül 20%-ban szójaolaj és 80%-ban szójaliszt képződik.

Kína bioüzemanyag programja

Kína a növekvő olajimport és a gabonafelesleg elhelyezése miatt kezdett el komolyan foglalkozni a bioetanol-előállítással. Az 1996-os kilencedik ötéves gazdasági terv említette először a bioüzemanyagok felhasználásának lehetőségét. Kínának 2000 előtt nem volt bioüzemanyag-fejlesztési politikája. Ekkor az ország fő célja a bioetanol, a biodízel és a fermentált metángáz feldolgozási technológiák kutatása, a bioüzemanyag termelés technikai alapjának létrehozása volt. A kukorica alapú bioetanol előállítására fejlesztettek ki egy technológiát, amit piaci tesztelésnek vetettek alá. A tízedik ötéves terv kifejezett célja volt a bioetanol fejlesztése a növekvő kőolajárak és a belső felhasználás gyors növekedése miatt. 2004-ben kezdték el a bioetanol keveréket tartalmazó üzemanyag gépjárművekben való felhasználásának tesztelését. 2001 és 2004 között a kínai kormány 700 millió dollárt fektetett be négy állami tulajdonban lévő bioetanolgyártó vállalat létrehozására és 10%-os bioetanol bekeverési szabványt határozott meg. A kormány adóvisszatérítéssel és különböző kompenzációkkal támogatta a biodízel előállítását. 2010-re már 2 millió tonna bioetanol és 0,2 millió tonna biodízel előállítását tervezte a kormány. A bioetanol alapanyaga a nemzeti élelmiszerkészletből származó kukorica és búza volt. Mivel azonban a négy

üzem termelési kapacitása javult, ezért a kukorica és a búza készletek gyorsan elfogytak. 2007-ben az élelmiszerbiztonság megteremtése miatt a kormány kijelentette, hogy az új biodízel előállító üzemek nem használhatnak fel élelmiszer alapanyagot (YANG, 2015).

2007-ben Kína a dízelüzemanyagok számára szabványt adott ki, melyben nem határoztak meg bekeverési arányt a biodízel számára, ezért ez az ipar nem fejlődött. 2010-ben a kormány 2-5%-os bekeverési arányt határozott meg a biodízel számára, így a biodízel termelése is beindult az országban. Kína biodízel termelése viszonylag kicsi a bioetanolhoz képest. 2011-ben mintegy 50 kisüzem működött az országban. Annak ellenére, hogy ezen üzemek teljes termelési kapacitása elérheti a 3 millió tonnát, a valódi termelés mindössze 0,8 millió tonna volt, melynek fő oka az alapanyaghiányban keresendő (YANG, 2015).

2010 végére Kína bioüzemanyag termelése elérte az évi 1,8 millió tonna bioetanol- és 0,8 millió tonna biodízeltermelést, így Kína a világ harmadik legnagyobb bioüzemanyag-gyártója lett, Brazília és az USA után. 2020-ra Kína 10 millió tonna bioetanol és 2 millió tonna biodízel előállítását tervezi.

2.1.4 A bioüzemanyagok termelésének és felhasználásának jogi szabályozása

A bioüzemanyagok jogi szabályozásának fő támpontjait az Európai Unióban a közösségi jogrendszer adja. A tagállamok azonban maguk határozhatják meg a bioüzemanyagok támogatásának mértékét, illetve bizonyos üzemanyagszabványok alkalmazásának lehetőségét.

Az EU 2003/30/EK irányelve a bioüzemanyagok, illetve más megújuló üzemanyagok közlekedési ágazatban való használatának jogi alapjait fektette le. Ez az irányelv jelölte ki 2010-ig a biohajtóanyag-termelés irányát és a felhasználásában elérendő célértékeket. A tagállamok az energiatartalom alapján kötelezettséget vállaltak 2005. december 31-ig 2%-os, 2010. december 31-ig 5,75%-os biohajtóanyag bekeverési arány elérésére. Ezt a bekeverési arányt 2010-ben a 2013. évi eredményjelentés szerint 22 tagállam végül nem tudta teljesíteni.¹

A bioüzemanyag termelés növekedésével egy időben megjelentek az azt ellenzők is. Sokan vádolták a biohajtóanyag felhasználást azzal, hogy azok használata nagyobb környezetszennyezést okoz, mint a hagyományos fosszilis üzemanyagok. A természeti értékekben gazdag területek és a biodiverzitás védelmével kapcsolatban is aggályok merültek fel. Kritika tárgyát képezte az is, hogy néhány szegény ország erdőket éget fel azért, hogy Európának bioüzemanyagot vagy annak alapanyagát adja el. Mindezek figyelembevételével adta ki az Európai Parlament és a Tanács a 28/2009/EK irányelvet (RED irányelv) (EC, 2009), amely 2020-ig fogalmazta meg a megújuló energiaforrásból előállított energia támogatásának kereteit.

A 2009/28/EK irányelv az EU átlagára nézve kötelező célértékként a bruttó végső energiafelhasználáson belül 20%-os, és a közlekedésben 10%-os megújuló energia részarány elérését tűzte ki célul 2020-ra. A közlekedési célszám minden tagállamra nézve 10%, a 20%-os kötelezettség viszont a teljes megújuló energia arány átlagos értéke. Az irányelvben meghatározásra került az egyes tagállamok számára az elérendő minimális bioüzemanyag részarány (NFM, 2012). Az Európai Parlament és Tanács RED irányelve Magyarország számára 2020-ra – jogilag kötelező módon – minimum 13%-ban határozta meg a megújuló energiaforrásból előállított energia bruttó végső energiafogyasztásban képviselt részarányát.

¹ Ezek: Ausztria, Belgium, Bulgária, Ciprus, Csehország, Dánia, Észtország, Görögország, Spanyolország, Finnország, Magyarország, Írország, Olaszország, Litvánia, Luxemburg, Lettország, Málta, Hollandia, Portugália, Románia, Szlovénia, Egyesült Királyság.

Magyarország azonban a Megújuló energia stratégiájában 14,65%-os cél elérését tűzte ki célul 2020-ra. A Kormány szándéka ezzel a célkitűzéssel az volt, hogy hangsúlyozza álláspontját, miszerint a megújuló energiaforrások előállítását és hasznosítását a gazdasági fejlődés egyik kitörési irányának tekinti (NFM, 2010).

A RED irányelv megalkotása után a Bizottság figyelme a bioüzemanyagok okozta földhasználat-változásra összpontosult. 2012 októberében az Európai Bizottság javaslatot tett a RED irányelv módosítására. Az előterjesztés célja a bioüzemanyagok felhasználásából adódó előnyök jobb kihasználása és az alapanyagok előállítására fordított földterületek arányának korlátozása volt. A javaslat a közlekedésben célként kitűzött 10%-os energia részarányban történő kötelező biohajtóanyag bekeverést változatlanul hagyta, de azzal módosította, hogy ebből csak 5%-ig engedélyezi az élelmiszernövény alapanyagból előállított bioüzemanyag alkalmazását. A fennmaradó részarányt második- és harmadik generációs bioüzemanyagokkal tervezték teljesíteni, melyek esetében többszörös (kétszeres, egyes alapanyagok esetében négyszeres) elszámolást javasoltak. Az előterjesztést a tagállamok 2013. február közepén megvitatták.

Az Európai Unió Energiaügyi Bizottsága 2013-ban módosította az indítványt. Az Európai Parlamentnek küldött javaslata alapján az élelmiszercélú alapanyagokból előállított biohajtóanyagok bekeverési arányát 2020-ra maximum 6,5%-ra, míg a fejlett üzemanyagokat 2,5%-ra tervezték emelni a közlekedési ágazatban. Az elektromos meghajtást 1%-ra tervezték. 2013 szeptemberében az Európai Parlament ezt a javaslatot a következő módosításokkal fogadta el: A 10%-os bekeverési kötelezettségből 6% pont lehet első generációs technológiával készült bioüzemanyag, a fejlett üzemanyagoknak pedig 2020-ra el kell érniük a bekeverésben a 2,5%-ot, melyek esetében kétszeres elszámolást tettek lehetővé.

Az Európai Parlament 2013. szeptemberi javaslata elbizonytalanította a befektetőket. A Tanács decemberi ülésén Litvánia 7%-os korlátozást indítványozott, mivel ez a javaslat sem kapott támogatást, ezért a végleges döntés tovább halasztódott. 2014 májusában az Állandó Képviselők Bizottsága elfogadta a Bizottság 7%-os javaslatát, amit az Európai Tanács is megszavazott. Valamennyi tagállamban azonban továbbra is bizonytalanságot jelentett az első generációs bioüzemanyagokkal kapcsolatos lezáratlan vita, mert a Parlament a 7%-os korlátozást túl enyhének ítélte, így a vita tovább folytatódott.

2015-ben az Európai Parlament és a Tanács elfogadta a Bizottság javaslatát, mely szerint a mezőgazdasági főtermékekből előállított bioüzemanyagok részesedését 7%-ban kell korlátozni a közlekedési ágazatban a 10%-os célérték fenntartása mellett (EC, 2015). A fennmaradó 3% pontot hulladék anyagokból és melléktermékekből előállított energiával kell teljesíteni, melyek esetében többszörös elszámolást tett lehetővé az irányelv. Kétszeres energiaértéken számíthatók be azok az úgynevezett korszerű megújuló energiák (fejlett bioüzemanyagok), amelyek a következő melléktermékekből kerültek előállításra: szalma, dióhéj lemorzsolts kukoricacső, az erdőgazdálkodásból keletkezett hulladékok és melléktermékek, mint például a faforgács, a fűrészpor, a lombkorona és ágak. Az irányelv szerint az energetikai hasznosítás szempontjából kiemelt jelentőséget kell tulajdonítani a szántóföldi növénytermelés melléktermékeinek, mivel azok használata nem okoz földhasználat változást. Ezzel a döntéssel lezárult a bioüzemanyag ipart bizonytalanságban tartó két és fél évig húzó vita.

2016 novemberében a bioüzemanyagot ért kritikák (közvetett földhasználat változás, élelmiszerár növekedés) kezelése érdekében egy módosított irányelvet (RED II irányelv) javasoltak az Unió szakértői a 2021-2030 közötti időszakra. A javaslat szerint a megújuló energiák részarányának 2030-ra legalább 27%-ra kellene növekednie az energiamixben. Valamint célként tűzték volna ki a közlekedési ágazatban felhasznált élelmiszer alapú bioüzemanyagok 7%-ról 3,8%-ra való csökkentését 2030-ra. A bizottság egyúttal kötelezővé tette volna, hogy a közlekedési

üzemanyagok 6,8%-ának fejlett alternatív üzemanyagokból és megújuló villamos energiából kellene származnia (ICCT, 2017). Ez a javaslat ismét elbizonytalanította a befektetőket. Több bioüzemanyag termeléssel kapcsolatos beruházási javaslatot is visszavontak, a folyamatban lévőket pedig leállították.

Az Európai Parlament 2018 januárjában végül több módosítással fogadta el a Bizottság javaslatát a megújuló energiaforrásokból előállított energia használatának támogatásáról. A végső irányelv módosítás szigorúbb arányokat szabott meg a megújuló energia felhasználásával kapcsolatban. Enyhítés csak az első generációs üzemanyagok felhasználásával kapcsolatban fogalmaztak meg. Ez alapján a megújuló energiaforrások részarányát 2030-ra 35%-ra kell emelni az EU energiaellátásában. A közlekedési szektor energiaellátásának 12%-át kell megújuló energiaforrásokból fedezni. Az első generációs bioüzemanyagokat a 2017. évi szinten kell tartani, ami azt jelenti, hogy arányuk az út és vasúti közlekedésben maximum 7% lehet. Ezzel a döntéssel az EU szándéka a meglévő beruházások védelme és a befektetői bizonytalanság csökkentése volt. Az irányelv szerint a tagállamok ettől alacsonyabb határértéket is meghatározhatnak, és különbséget tehetnek az élelmiszer- és takarmánynövényekből előállított különböző típusú bioüzemanyagok, folyékony bio-energiahordozók és biomassza tüzelőanyagok között. Például alacsonyabb határértéket határozhatnak meg az élelmiszer- és takarmánynövényeken belül az olajnövényekből előállított bioüzemanyagok számára, figyelembe véve a földhasználat közvetett megváltozását, és az egyéb nem szándékolt fenntarthatósági hatásokat. A pálmaolajból készült bioüzemanyagok és folyékony bio-energiahordozók arányát 2021 évig 0%-ra kell csökkenteni. A fejlett üzemanyagok részarányának a bruttó végső energiafelhasználásban 2021 évre 1,5 %-ot, 2030-ra pedig 10%-ot kell elérnie.

A bioüzemanyagok felhasználásának terjedése szoros kapcsolatban van a termelést és forgalmazást ösztönző intézkedésekkel. A bioüzemanyag felhasználás ösztönzésének egyik eszköze a jövedéki adókedvezmény, másik eszköze a bioüzemanyag kötelező felhasználásának előírása.

Magyarországon a bioüzemanyagok használatára 2005 óta van szabályozás. Az első, 2009-ig tartó időszakban a bioüzemanyagok adókedvezményben részesültek a bekevert (max. 5 %) bioetanol és biodízel után, valamint visszaigényelhető volt a jövedéki adó az (max. 15 %-ban bekevert) ETBE bioetanol része után. Az adókedvezmény bevezetésének célja az ipari méretű bioüzemanyag-termelő kapacitások létrehozása és a hagyományos üzemanyagokkal kevert bioüzemanyagok piaci bevezetése volt (BAI, 2013). A bioüzemanyagokra vonatkozó adókedvezmény olyan módon kedvezett a bioüzemanyagok gyártóinak, hogy a bioüzemanyagok előállításának költsége és az üzemanyagok piaci ára közti különbségért kompenzálták őket, ami állami támogatásnak minősült.

A bioüzemanyagok adómentességét a bioetanolnál 2007. július 1-től, a biodízelnél 2008. január 1-től a jövedéki adó differenciálása váltotta fel. Ez azt jelentette, hogy ha a forgalmazott keverék biokomponens-tartalma nem érte el a 4,4%-ot, akkor többletadót kellett fizetni, ellenkező esetben a fizetendő jövedéki adó alacsonyabb volt. Az adódifferenciálás a környezetet jobban kímélő üzemanyagok javára nem jelentett adócsökkentést: a biológiai eredetű üzemanyagok adómentessége megszűnt, így csaknem valamennyi üzemanyagfajta (beleértve a bioösszetevőt tartalmazó üzemanyagot is) jövedéki adója emelkedett. A szabályozást tehát úgy alakították ki, hogy ez az ország költségvetése számára ne jelentsen többletterhet (POPP, 2010). Az adómentesség csak az E85 üzemanyag bioetanol-komponensére maradt fenn.

Az Európai Unióban a tagországok a bioüzemanyag-fogyasztás kötelezővé tételével azonnal vagy fokozatosan mérsékeltek, vagy megszüntették az adókedvezményeket (pl. Németországban és Magyarországon). Az USA-ban azonban nem szüntették meg az adókedvezményeket a bioüzemanyag kötelező felhasználásának bevezetésével. A kötelező felhasználás előírásának előnye, hogy az adókedvezmények megszüntetése üzemanyag-takarékosságra ösztönöz, mert a

fogyasztókra hárítja a bioüzemanyag-gyártás többletköltségeit (POPP et al., 2010), valamint nem idéz elő adózással kapcsolatos torzulásokat (POPP, 2007).

2009-től kezdődően Magyarországon a benzinbe, illetve a motorikus gázolajba bekevert bioüzemanyagok adókedvezménye megszűnt, azt felváltotta a forgalomba hozatali kötelezettség. A 2010. évi CXVII. törvény előírásai értelmében a törvény végrehajtásáról szóló rendeletben meghatározott arányú bioüzemanyag komponens kötelező bekeverni a töltőállomásokon forgalmazott üzemanyagba, ellenkező esetben a forgalmazó 35 Ft/MJ bírságot köteles fizetni a be nem kevert biokomponens energiatartalma után.

A közlekedési ágazatban a 2020. évig tervezett bioüzemanyag felhasználás ütemtervét Magyarország Megújuló energia hasznosítási cselekvési terve tartalmazza (3. táblázat).

3. táblázat: A közlekedési ágazatban felhasznált megújuló energia tervezett részaránya (%)

Év	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Terv	0,22	3,70	4,60	5,00	5,00	5,20	5,40	5,80	6,40	7,30	8,00	10,00

Forrás: NFM, 2010

A hagyományos üzemanyagok helyettesítésére a 2233/2004. (IX. 22.) Kormány határozat 2005-re energiatartalomra vetítve 0,4-0,6%-os, 2010-re pedig 2%-os bioüzemanyag-hányadot határozott meg nemzeti célként. Ezt módosította a 63/2005. (VI. 28.) számú Országgyűlési határozat, amely 2007-re 2%-os, 2010-re pedig már 4%-os bioüzemanyag-arányt jelölt ki. A bioüzemanyagok gyártásának fejlesztéséről és közlekedési célú alkalmazásuk ösztönzéséről szóló 2058/2006. (III.27.) Kormány határozat már 5,75%-ban rögzítette a 2010. december 31-re vonatkozó nemzeti célelőirányzatot.

A bioüzemanyagok kötelező bekeverését a 343/2010. (XII. 28.) Korm. rendelet szabályozta először. A rendelet szerint a kötelező bioüzemanyag-részarány motorbenzin esetében 3,1%, dízelgázolaj esetében pedig 4,4% volt. A rendelet 2011. évtől kezdve három évre előre határozta meg az üzemanyag forgalmazók számára a kötelezően forgalmazandó bioüzemanyag-részarány mértékét.

A 387/2015. (XII. 8.) Korm. rendelet módosította a fenntartható bioüzemanyag-termelés követelményeiről és igazolásáról szóló 343/2010. (XII. 28.) Korm. rendeletet. A rendelet a kötelező bekeverési arány mértékét a motorbenzin és a dízelgázolaj esetében együttesen 4,9%-ra módosította. A 279/2017. (IX. 22.) Korm. rendelet értelmében a 4,9%-os bekeverési arány 2018. december 31-ig érvényben marad, majd 2019 és 2020 között 6,4%-ra emelkedik.

A megújuló energia közlekedési célú felhasználásának előmozdításáról és a közlekedésben felhasznált energia üvegházhatású gázkibocsátásának csökkentéséről szóló 2010. évi XCVII. törvény rendelkezései alapján 2011-től kezdődően a kötelező bekeverési részarány kizárólag igazoltan fenntarthatóan előállított bioüzemanyaggal teljesíthető. A fenntarthatósági feltételek a vonatkozó EU irányelvekben meghatározottak alapján kerültek kialakításra, melyek teljesítését a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (NÉBIH) ellenőrzi.

A NÉBIH feladatai közé tartozik a BÜHG (bioüzemanyag üvegházhatású gázkibocsátás) és a BIONYOM (bioüzemanyagok és folyékony bio-energiahordozók nyomon követhetőségi nyilvántartása) nyilvántartás vezetése. A BÜHG nyilvántartás a biomassza kereskedőkre, a biomassza feldolgozókra, az üzemanyag-forgalmazókra, valamint a fenntarthatóság igazolására és

az üvegházhatású gázkibocsátás értékeire vonatkozó adatokat tartalmazó hatósági nyilvántartás². Annak kell a BÜHG nyilvántartásban szerepelnie, aki bioüzemanyag alapanyaggal kereskedik, azt feldolgozza, vagy bioüzemanyagot, illetve bioüzemanyag tartalmú üzemanyagot forgalmaz. 2018. II. negyedévében az adatbázisban 391 db biomassa kereskedő, 12 db biomassa feldolgozó és 4 db üzemanyag forgalmazó aktív tevékenységet folytató vállalkozás szerepelt.

Mivel a magyar fenntarthatósági rendszer önkéntes rendszer, így nem kötelező a vállalkozásoknak a nyilvántartásba vétel, azonban a 2009/28/EK európai parlamenti és tanácsi irányelvben foglaltak alapján minden tagállam kötelessége, hogy a bioüzemanyagok alapanyagául szolgáló nyersanyagok megtermelésére vonatkozó feltételek betartását és az alapanyagok kereskedelmi láncban történő nyomon követhetőségét biztosítsa.

A biomassa termelőknek nem kell a BÜHG nyilvántartásban szerepelniük, azonban ha az általuk termelt biomasszát (repce, kukorica, napraforgó stb.) bioüzemanyag alapanyagként kívánják értékesíteni akkor azt biomassa igazolás kiállítása mellett tehetik csak meg. A biomassa igazolás kiállítására egyik biomassa-termelő sem kötelezhető, azonban a NÉBIH tájékoztatója szerint az igazolás jogszerű kiállításával, felárral tudják a biomassa-termelők a megtermelt biomasszájukat értékesíteni³.

A NÉBIH 2017. szeptember 23-ától a BÜHG nyilvántartás vezetése mellett a BIONYOM nyilvántartást is vezeti. A BIONYOM nyilvántartás Magyarország területén termelt, előállított, begyűjtött, feldolgozott, forgalmazott és Magyarországra importált, illetve Magyarországról exportált biomassa, köztes termék, bioüzemanyag és folyékony bioenergiahordozó nyomonkövetésére szolgáló elektronikus hatósági nyilvántartás. Mivel a BÜHG-rendszer szerinti biomassa igazolás tartalmazza a nyomon követhetőséghez szükséges összes adatot, így kizárólag más önkéntes fenntarthatósági rendszer (más tagállami vagy nemzetközi rendszer) által kiadott termelői nyilatkozat esetében lehet szükséges nyomon követési dokumentum kibocsátása.

A bioüzemanyag célú növénytermesztés területi fenntarthatóságát a 42/2010. (XII. 20.) VM rendelet szabályozza, mely kimondja, hogy csak szántóterületen lehet ilyen tevékenységet végezni, amennyiben az nem minősül érzékeny területnek.

A RED irányelv előírja, hogy a Bizottságnak két évente előrehaladási jelentést kell készítenie a megújuló energiák termelésének és felhasználásának alakulásáról. A közlekedési ágazatban 2014. évben 6,9%, 2015. évben pedig 6,7% volt a megújuló energiaforrások felhasználása Magyarországon, mely adat többszörös beszámítást is tartalmaz (EB, 2017). Az EU referenciatorgyakönyve szerint Magyarországnak is el kell érnie 2020-ra a közlekedési ágazatban a 10%-os megújuló energia felhasználási részarányt (EC, 2016). Azok a tagállamok, amelyek 2020-ig nem fogják teljesíteni megújuló energiaforrásokkal a kötelező célkitűzéseiket, lehetőséget fognak kapni együttműködési mechanizmusok igénybevételeire (EB, 2017).

2.1.5 A bioüzemanyag termelés alakulása

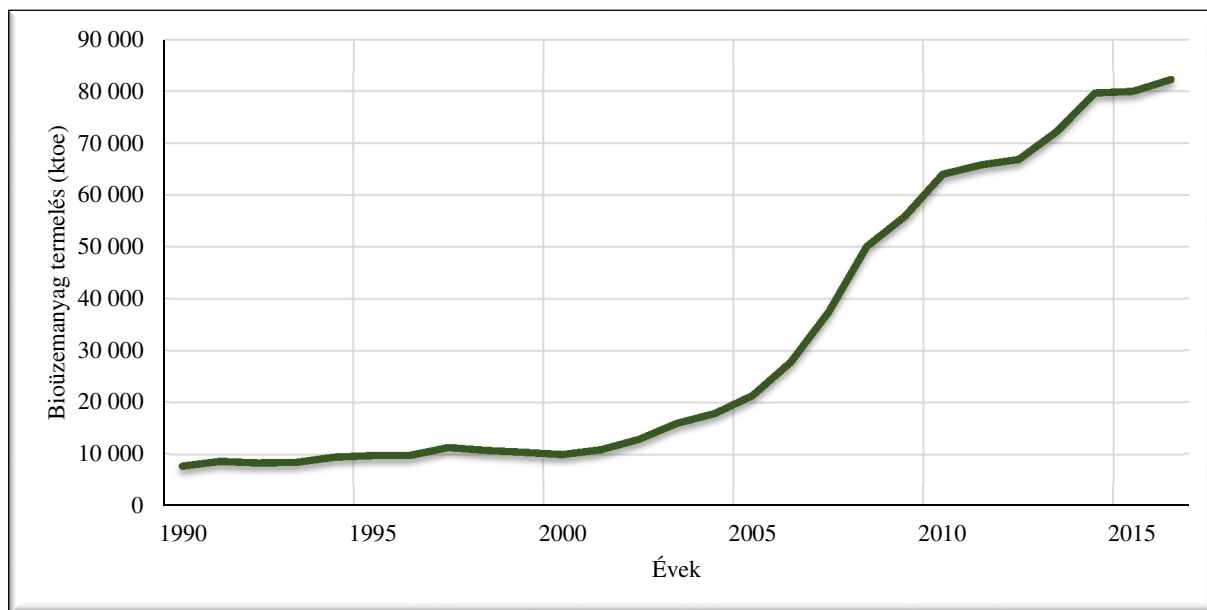
A bioüzemanyag-gyártás környezetvédelmi, energiapolitikai és agrárpolitikai célok megvalósulását segítheti elő. Az Európai Unió célja a bioüzemanyagok támogatásával:

² Forrás: <http://portal.nebih.gov.hu/-/a-buhg-nyilvantartasban-szereplo-cegek-adatai-biofuel-greenhouse-gas-emissions-inventory-biokraftstoff-treibhausgasemissionen-inventar>, Letöltve: 2018.08.20.

³ Forrás: http://portal.nebih.gov.hu/documents/10182/949622/B%C3%9CHG+%C3%A9s+BIONYOM+t%C3%A1j%C3%A9koztat%C3%B3+biomassa-termel%C5%91k+r%C3%A9sz%C3%A9re_279_2017.pdf/4032361a-271d-4207-b7c0-c3909e9a23c0, Letöltve: 2018.08.20

- az ásványolaj használatához viszonyított üvegházhatást okozó gázok kibocsátásának csökkentése,
- a közlekedésben használt fosszilis üzemanyagok helyettesítésének ösztönzése,
- az üzemanyag-ellátási források diverzifikálása, valamint
- a kőolajat hosszútávon helyettesíteni képes anyagok kifejlesztése.

A bioüzemanyag-termelés fejlődésével új munkahelyek jönnek létre, és javul a vidéki lakosság jövedelemhelyezete, továbbá a felhalmozódott gabonakészletek levezetésére is megoldást kínálhat (HINGYI et al., 2006). A legújabb EU-s törekvések szerint ezeket a célokat a lehető legkevesebb élelmiszernövény felhasználásával kell elérni.



4. ábra: A világ bioüzemanyag termelésének alakulása 1990-2016 (ktoe)

Forrás: BP, 2017

Az utóbbi években a bioüzemanyag termelése világ szinten óriási fejlődésen ment keresztül (4. ábra). Míg 1990-ben 7.786 ezer toe volt a globális bioüzemanyag termelés, 2016-ra ez a mennyiség megtízszereződött, 82.306 ezer toe volt. A termelés növekedése 2002 után gyorsult fel és csak 2011 és 2015 évben figyelhető meg a növekedésben némi lassulás.

4. táblázat: A világ bioetanol termelésének alakulása régióként (1000 hordó/nap)

Régiók	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Afrika	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4	-	-	0,7	1,0	1,3
Ázsia és Óceánia	20,6	26,3	36,5	38,7	48,0	52,5	52,9	59,5	64,9	70,6	83,4
Észak Amerika	225,0	259,4	323,4	439,0	621,0	733,0	883,4	932,4	886,9	894,8	966,7
Eurázsia	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	1,3	2,2	2,5	3,6	6,9	8,9
Európa	7,7	14,7	27,3	31,4	47,3	59,3	70,6	69,2	75,0	83,3	88,6
Közel-Kelet	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Közép és Dél-Amerika	256,8	284,3	328,2	415,0	497,6	476,7	464,3	388,8	403,1	476,7	465,7
Világ összesen	510,5	585,2	716,2	924,9	1 214,9	1 323,2	1 473,4	1 452,4	1 434,3	1 533,3	1 614,5

Forrás: EIA, 2018

A világ bioetanol termelésének alakulását láthatjuk a 4. táblázatban. A folyékony bioüzemanyag előállítás 80%-át a bioetanol teszi ki. A legnagyobb bioetanol előállító országban, az USA-ban 2014-ben állították elő a legtöbb bioetanol, 936 ezer hordót naponként. A világ második legnagyobb termelője Brazília, ahol 2014-ben 430 ezer hordó/nap volt a bioetanol előállítás. A termelés 2008-ban volt a legmagasabb, amikor a bioetanol előállítás naponként elérte a 466 ezer hordót. Ez a két ország adja a világ bioetanol termelésének több mint 80%-át, jelentős lemaradással Európa a harmadik a termelésben. Európa a világ bioetanol termeléséhez több mint 5%-kal járul hozzá. Az Európai termeléstől nem sokkal marad el az ázsiai bioetanol előállítás.

Az Európai Unióban a legnagyobb bioetanol előállító országok Franciaország (2014 évben 18,3 ezer hordó/nap), Németország (15,3 ezer hordó/nap) és Spanyolország (7,3 ezer hordó/nap). Az utóbbi években jelentősen növelte termelését Belgium és Anglia is (EIA, 2018).

A globális biodízel előállítás lényegesen szerényebb mértékű a bioetanol előállításához képest (5. táblázat). A világ legnagyobb biodízel előállítója az EU. 2004-ben az EU részaránya a világ biodízel termeléséből még 94% volt, ami 2014-re 38%-ra csökkent. Az Európai Unió után az USA a második legnagyobb biodízel előállító. Az USA-ban 2013-ban állították elő a legtöbb biodízelt, 89 ezer hordót naponként, ami 2014-re 83 ezer hordó/napra csökkent. A harmadik legnagyobb biodízel előállító ország Brazília, mely ország termelése folyamatosan növekszik. 2014-ben a világ biodízel előállításának több mint 11%-át termelte meg. Argentína és Indonézia biodízel előállítása is jelentősen megugrott az utóbbi években.

5. táblázat: A világ biodízel termelésének alakulása régióként (1000 hordó/nap)

Régiók	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Afrika	-	-	-	-	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	-	-
Ázsia és Óceánia	0,3	2,2	8,4	10,8	27,1	42,2	28,3	68,5	72,3	87,0	111,7
Észak Amerika	1,8	6,1	16,8	33,7	45,8	36,2	23,2	66,3	66,1	91,9	88,5
Eurázsia	0,1	0,3	0,3	0,7	2,5	3,8	3,0	2,2	4,5	4,4	4,9
Európa	41,1	61,9	97,3	122,6	150,2	173,2	132,1	203,9	188,8	202,3	203,1
Közel-Kelet	-	-	-	-	-	-	0,1	0,1	0,1	-	-
Közép és Dél-Amerika	0,5	0,5	2,2	11,2	35,8	57,1	44,6	76,8	103,8	100,5	120,4
Világ összesen	43,8	71,0	125,0	179,0	261,4	312,6	231,3	417,8	435,8	486,1	528,6

Forrás: EIA, 2018

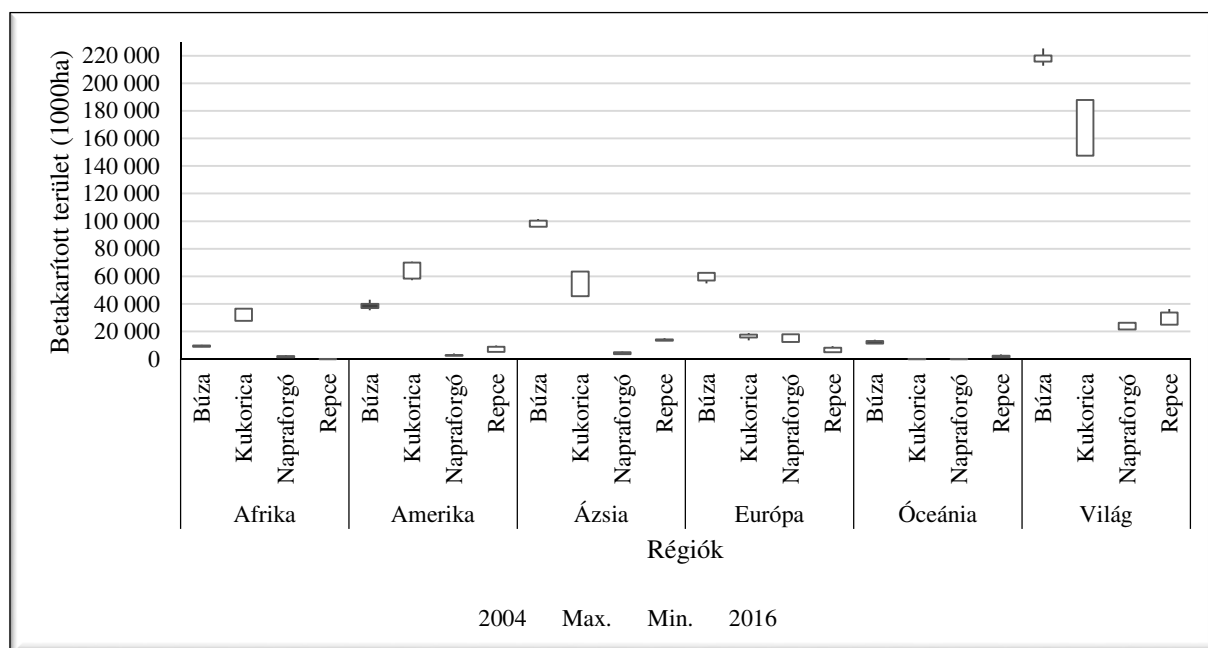
Az Európai Unióban a legnagyobb biodízel előállító országok Németország (2014-ben 56,6 ezer hordó/nap), Franciaország (36,2 ezer hordó/nap) és Spanyolország (14,7 ezer hordó/nap). Az utóbbi években Lengyelország és Hollandia termelése is jelentősen növekedett (EIA, 2018).

A bioüzemanyag-gyártás jövője nagymértékben függ a technikai fejlődés sebességétől és a bioüzemanyagok környezeti és társadalmi hatását vizsgáló kutatások eredményeitől. Egyes előrejelzések szerint a jövőben a közúti közlekedés energiaigényének jelentős részét nem az ásványolaj- vagy biomassza-alapú hajtóanyagok fogják kielégíteni, hanem a leginkább környezetbarátnak tekintett hidrogéncellák, illetve elektromos akkumulátorok, amelyek töltéséhez az áramot részben víz-, nap-, szél- és árapály erőművekkel állítják majd elő. Ezek a fejlett rendszerek azonban technológiailag még nem kiforrottak, így egyelőre a bioüzemanyagoknak van a gyakorlatban létjogosultságuk (POPP – BAI, 2018).

2.1.6 A szántóföldi növénytermelés alakulása

A világ népessége folyamatosan növekszik. 2017-ben több mint 7,5 milliárd fő volt a világ lakosainak száma és 2030-ra várhatóan megközelíti a 9 milliárdot. A Föld lakosságának gyors növekedése döntően a fejlődő országokra jellemző. A fejlett országok lakosságának száma vagy állandó, vagy kisebb mértékben csökken. Ehhez a népességnövekedéshez az élelmiszertermelés folyamatos növelésére van szükség. A világ népességének növekedésével párhuzamosan nő a takarmány, illetve a hús iránti globális kereslet is. A Föld lakosságának gyors növekedése miatt azonban az egy főre vetített szántóterület nagysága a világon fokozatosan csökken. Ez azt jelenti, hogy egyre kisebb területen kell a mennyiségi és minőségi értelemben egyaránt növekvő növénytermesztési termékeket előállítani. Többlettermelést a mezőgazdasági területek, vagy a hozamok növelésével lehet elérni.

5. ábra: A betakarított terület alakulása a világ egyes régióiban 2004-2016 között (1000 ha)



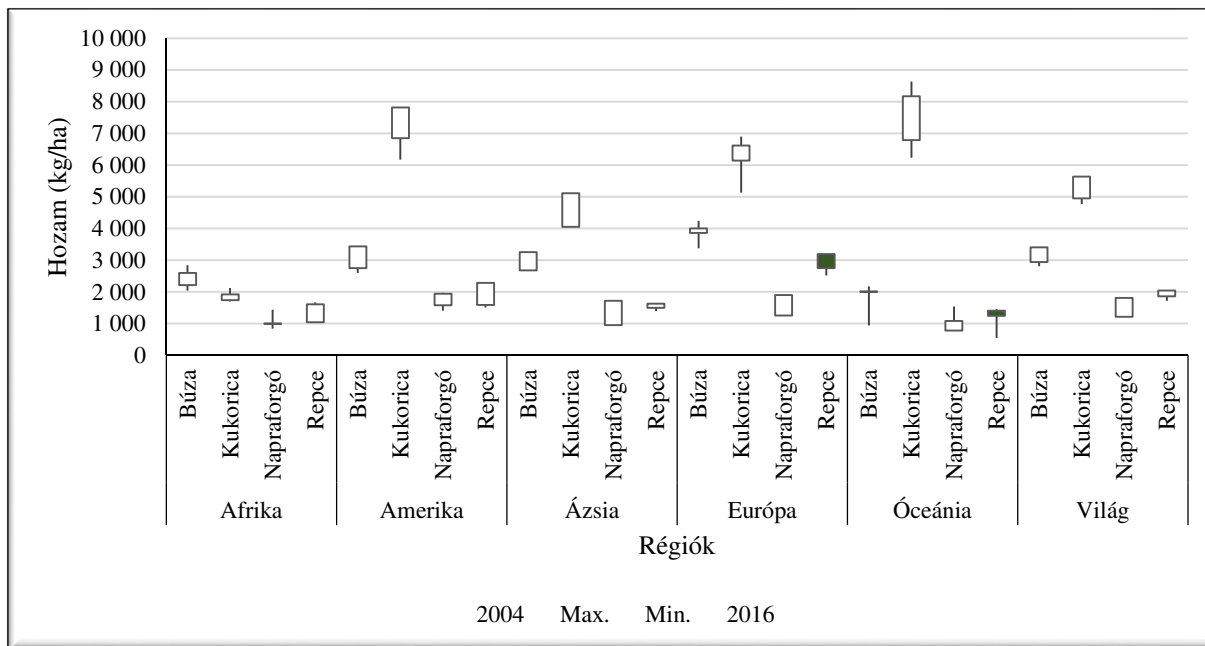
Forrás: FAOSTAT

A FAO adatbázisa szerint a világon 2004 és 2016 között a búza, a kukorica, a napraforgó és a repce betakarított területe növekedett (5. ábra). A legnagyobb területen búzát termelnek a világon, melynek betakarított területe a vizsgált időszakban 2%-kal növekedett. A legtöbb búzát Ázsiában és Európában termelik. Mindkét régióban növekedett a búza betakarított területe, míg a többi földrészen csökkent.

A legnagyobb területnövekedés a kukorica esetében következett be. A legnagyobb kukoricatermelő Amerika, ezen belül is az USA kukoricatermelése a legkiemelkedőbb. Az USA állítja elő a világ kukoricatermésének 40%-át és a kukorica világexportjának legalább a 60%-át adja. Az ázsiai földrészen is jelentős területnövekedés figyelhető meg a kukorica esetében. A napraforgó termelése inkább Európában jellemző, ahol a betakarított terület több mint 46%-kal növekedett 2004 és 2016 között. A repce betakarított területe világ szinten meghaladta a napraforgóét. A legnagyobb területen Ázsiában, Európában és Amerikában termelik a repcét, melynek betakarított területe minden régióban növekvő tendenciát mutat.

Mivel a művelésbe vonható területek nagysága a világon korlátos, az csak az erdők és gyepterületek rovására növelhetők, ezért a világ népességének élelmiszerszükséglete elsősorban a mezőgazdasági termelés termelékenységének fokozásával elégíthető ki.

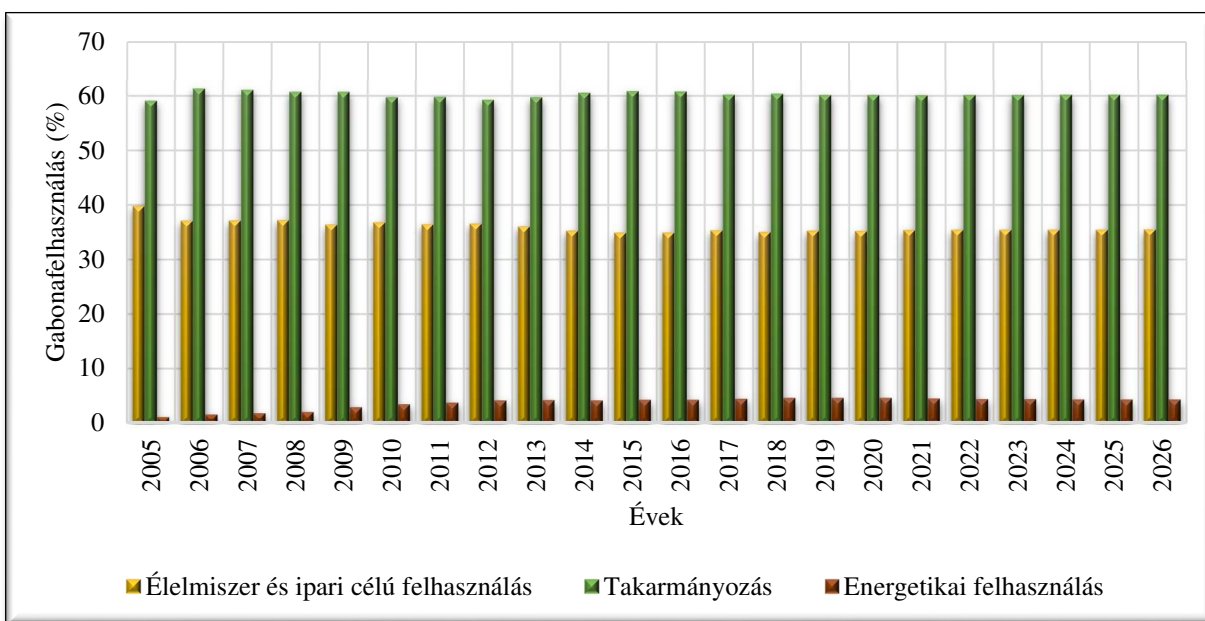
6. ábra: A hozamok alakulása a világ egyes régióiban 2004-2016 között (kg/ha)



Forrás: FAOSTAT

Világviszonylatban mind a négy általam vizsgált növény hozama növekedett (6. ábra). A legnagyobb hozamnövekedés (+49%) a napraforgó esetében következett be, míg a repce estében a növekedés 10% volt. A búza hozamnövekedése 14%, a kukorica hozamnövekedés 16% volt. A világ egyes régióiban jelentős hozamnövekedések történtek, míg más régióiban hozamcsökkenések is megfigyelhetők. Európában a repce hozama 14%-kal csökkent, Óceániában a repce hozam 11%-kal, a búza hozama pedig 0,4%-kal csökkent 2004 és 2016 között. A szélsőséges időjárási viszonyok miatt jelentős hozamingadozások figyelhetők meg Ázsia kivételével az összes régióban. A kukorica és a búza esetében a legjelentősebbek az ingadozások. Európában például 2007-ben 5.134 kg/ha volt a kukorica hozama, 2014-ban 6.894 kg/ha.

7. ábra: Az EU gabona felhasználásának megoszlása (%)



Forrás: EU Agricultural Outlook, 2016

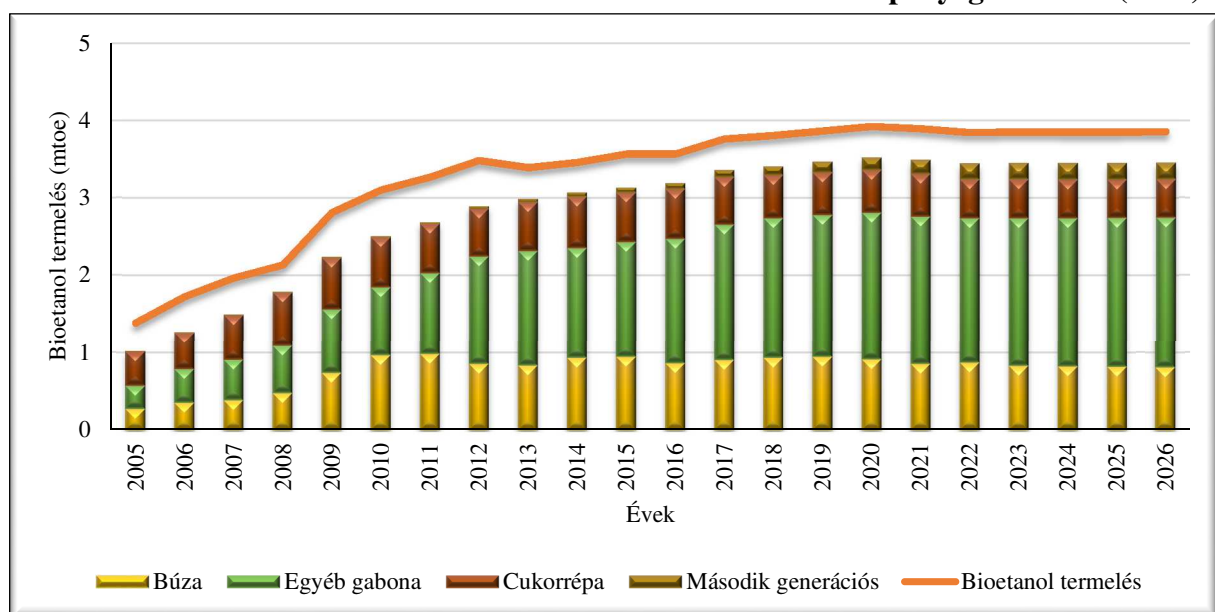
Az Európai Unióban megtermelt gabona 60%-a takarmányozásra kerül felhasználása, ami a jövőben sem fog jelentősen csökkenni (7. ábra). Az élelmiszer és ipari célú gabona felhasználás 2005-ben még 39,8% volt, ami előreláthatóan 10%-kal csökkenni fog 2026-ra. Az élelmiszeripari célú felhasználás csökkenésével jelentősen növekedni fog az energetikai felhasználás. 2005-ben a gabonatermés alig több mint 1%-át használták fel energetikai célokra, 2015-ben ez az arány már 4,2% volt és várhatóan 2020-ra 4,6%-ig fog növekedni, majd enyhe csökkenésnek indul.

A biomassza termelékenysége trópusi környezetben a legmagasabb, számos fejlődő országban ezért alacsonyabb a bioüzemanyagok előállításának költsége, így a trópusi környezetben termelő országok versenyképesebbek tudnak lenni a bioüzemanyag piacon (POPP – SOMOGYI, 2007). Versenyképes bioüzemanyag termelésre az EU tagállamaiban csak korlátozottan van lehetőség a termőföld szűkössége és az alapanyagok termelésére (trópusi országokhoz képest) kedvezőtlen éghajlati viszonyok miatt. A kötelező bekeverés 2020. évi teljesítéséhez az EU-ban importból származó alapanyagokra, vagy import bioüzemanyagra is szükség lesz.

A gabonafélék önellátottsági szintje Franciaországban a legmagasabb, az árpa és a kukoricatermelése meghaladja a 200%-ot. Hasonlóan magas mutatóval csak Magyarország rendelkezik a tagállamok közül a kukorica és a búza esetében. Spanyolország önellátottsági mutatója mindössze 70% körüli, ennek ellenére Európa legnagyobb bioetanol gyártója és felhasználója volt 2005-ben import alapanyagra épülő termelésével. Jó néhány tagállamban a gabonafélék termelése messze nem fedezi az igényeket, például Belgium, Hollandia és Portugália önellátottsági mutatói nagyon alacsonyak.

A repce termelésére jó adottságú területek találhatók például Németországban, Franciaországban, az Egyesült Királyságban és Magyarországon. A repcemag üzemanyag célú felhasználása jelentős Németországban, Franciaországban, Olaszországban és Csehországban. Németország és Olaszország már ma is importra szorul repcemagból, tehát a termelésbővítés további lehetőségei behatároltak. A napraforgó-termelés kilátásai szintén Franciaországban, Magyarországon, Spanyolországban, valamint Szlovákiában a legjobbak. A többi országban a termelés csak kis területen, vagy egyáltalán nem lehetséges (HINGYI et al., 2006).

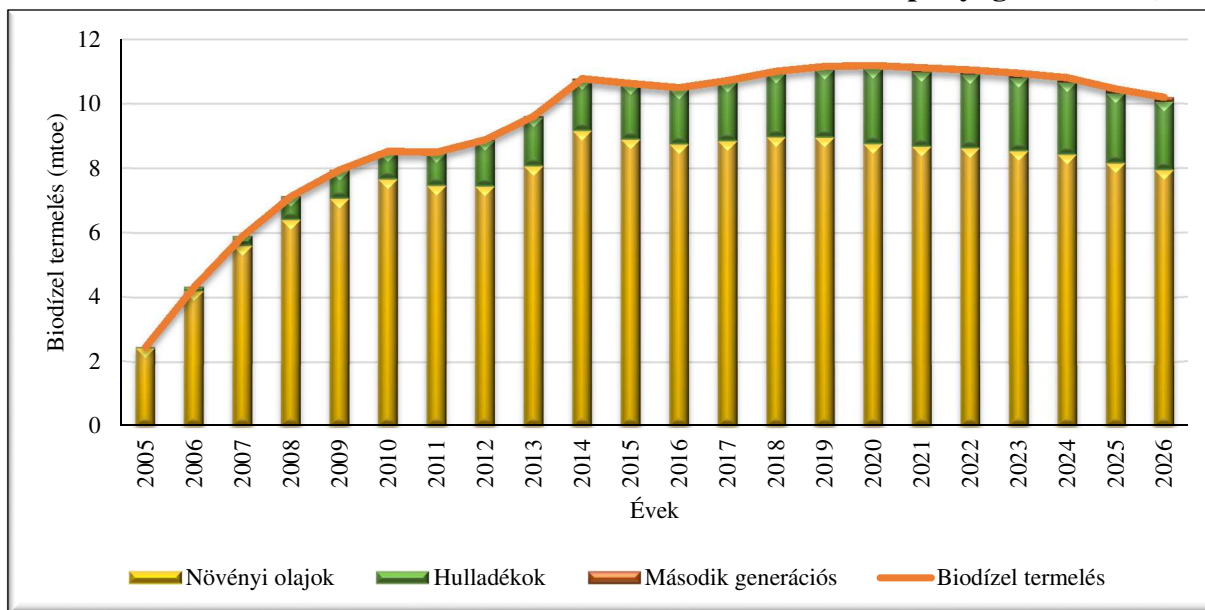
8. ábra: Az EU bioetanol termelésének alakulása 2005-2026 között alapanyagok szerint (mtoe)



Forrás: EU Agricultural Outlook, 2016

Az Európai Unióban 2008. évig a cukorrépa, a búza és az egyéb gabonafélék csaknem azonos arányban kerültek felhasználásra a bioetanol előállításban (8. ábra). 2012-től azonban a kukorica felhasználása dominál az előállításban, a búza és a cukorrépa felhasználása az egyre nagyobb etanol mennyiség ellenére nem változott. 2014-ben az előállított bioetanol 40%-a kukoricából, 26%-a búzából és 20%-a cukorrépából készült. Az EU 2016. évi előrejelzése alapján a kukorica további, nagyobb arányú felhasználása várható a bioetanol termelésben (EU AGRICULTURAL OUTLOOK, 2016). A második generációs bioüzemanyagok előállítása 2014. évben 2,9% volt és jelentős növekedésére az előállítás magas költségei miatt az EU-ban nem lehet számítani (LÁSZLÓK, 2015).

9. ábra: Az EU biodízel termelésének alakulása 2005-2026 között alapanyagok szerint (mtoe)



Forrás: EU Agricultural Outlook, 2016

Az EU-ban a biodízel előállítása nagyrészt növényi olajok felhasználásával készül, de egyre nagyobb a jelentősége a hulladékok (használt sütőolaj, hulladékzsír) felhasználásának is (9. ábra). 2015-ben 55%-ban repceolajból, 18%-ban importált pálmaolajból és 6%-ban szójaolajból készült biodízel az Európai Unióban. A hulladékok hasznosítása 19%-ot képviselt és mindössze a biodízeltermelés 2%-a származott második generációs bioüzemanyagból. A jövőben a növényi olajok mellett nagyobb részarányt fog képviselni a hulladékok felhasználása a biodízel előállításban, de a második generációs biodízel növekedésére nem lehet számítani az EU-ban (EU AGRICULTURAL OUTLOOK, 2016).

2.1.7 A bioüzemanyag termelés élelmiszerárakra gyakorolt hatása

Az Európai Parlament minden tagállam számára kötelezően előírta a közlekedési ágazatban a 10%-os megújuló energia felhasználási részarány teljesítését. A célkitűzések teljesítéséhez azonban az egyes tagállamok lehetőségei eltérőek.

Magyarországon biodízeltől a 10%-hoz szükséges igény megközelítőleg kielégíthető, míg bioetanolból a piaci és szabályozói környezet függvényében, a gabonatöbbletnek köszönhetően akár jelentős exportra is lehetőség van.

Az Európai Unió technikailag képes lenne a 10%-os bekeveréshez szükséges bioüzemanyagot előállítani, POPP – POTORI (2011) szerint ez azonban nem lenne gazdaságos és a nemzetközi

kereskedelempolitikai szempontokkal is ütközne. A tagállamok nagy része ezért részben bioüzemanyagok importjából, részben az importált, valamint saját termelésű alapanyagok feldolgozásából fedezi szükségleteit. Az importra azért is szükség van, hogy a bioüzemanyag-termelés növekedése miatt a mezőgazdasági termékek piacán ne következzen be jelentősebb áremelkedés.

Az ECOFYS 2013. évi Bioüzemanyagok és élelmiszerbiztonság című tanulmányában összegyűjtötte az élelmiszerárakat növelő tényezőket, melyek a következők:

Alacsony készletek:

- A kereslet növekedését meghaladó termelésnövekedés
- Elmaradt mezőgazdasági beruházások
- Alacsony, gyakran termelési költség alatti (dömping) árak
- A globális piacok kialakulása miatt csökkenő készletszint
- Hozamkiesések
- Élelmiszerhulladék keletkezése

Kínálat csökkenése:

- Aszály vagy árvíz miatt felmerülő betakarítási problémák
- A támogatott export és élelmiszersegély csökkenése

Kereslet növekedése:

- Népeség növekedés (étkezési szokások változása, elhízás és luxusfogyasztás)
- Bioüzemanyagok gyors térnyerése
- Importszabályozás

Termelési költségek növekedése:

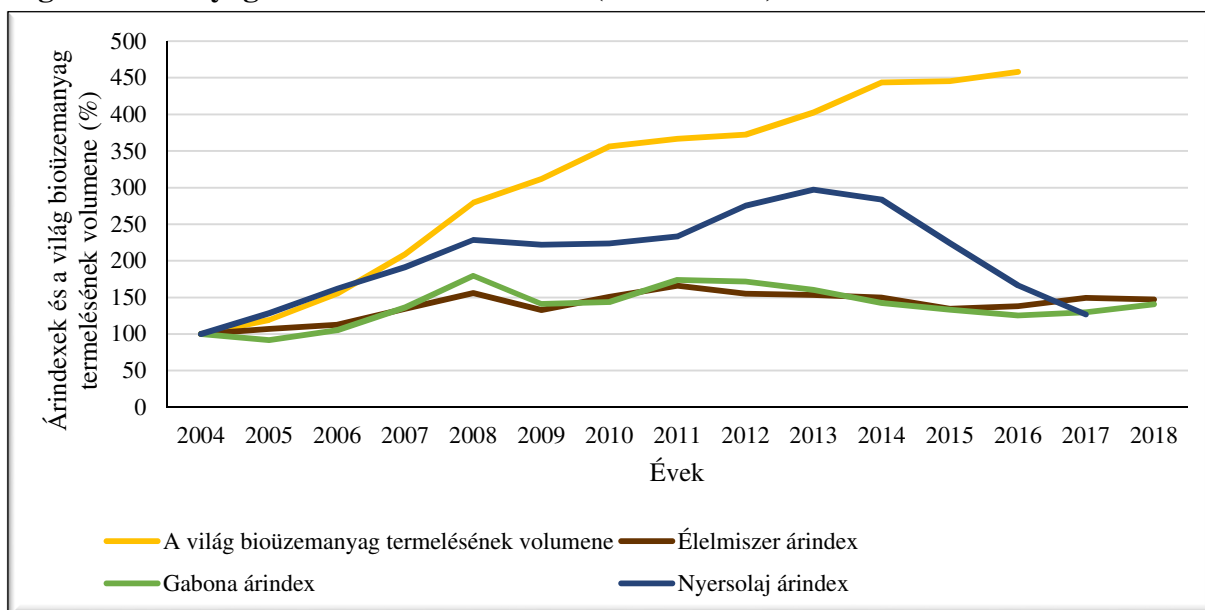
- Az olaj és a gáz árnövekedése
- Műtrágya és növényvédőszer árnövekedése

Piaci folyamatok:

- Spekulációs hatások
- Kereskedelmi korlátozások
- A valuta árfolyamváltozása (a dollár gyengülése)

A felsorolásból látszik, hogy az élelmiszerek árnövekedése a bioüzemanyag termelés mellett több más tényezőtől is függ. A nemzetközi piacokon a mezőgazdasági termékek jelentős árnövekedését számos tanulmány (COLLINS, 2008), (MITCHELL, 2008), (IFPRI, 2008), (XIAODONG – LIHONG, 2012) egyértelműen a bioüzemanyag előállítás következményének tekinti. Míg más tanulmányok (RFA, 2008a), (POPP – POTORI, 2008), (BAFFES – HANIOTIS, 2010), (POPP et al., 2010), (HOCHMAN – ZILBERMAN, 2016) arról számolnak be, hogy a bioüzemanyagok nem, vagy csak kismértékben járulnak hozzá az élelmiszerek drágulásához és sokkal inkább egyéb gazdasági jelenségek, mint például a kedvezőtlen időjárás, a népesség és a fogyasztói jövedelmek növekedése, valamint a nyersolaj árának változása befolyásolják a mezőgazdasági termékek árának alakulását.

10. ábra: Deflált élelmiszer- gabona- és nyersolaj árindex (2002-2004 = 100%), valamint a világ bioüzemanyag termelésének alakulása (2004=100%)



Forrás: FAO, 2018 és BP, 2017

A FAO adatbázisa szerint (10. ábra) az élelmiszer árindex reálértéken 2015-ben olyan alacsony volt, mint a 2008. évi pénzügyi válság előtti években. A deflált gabona árindex pedig 2016-ban alacsonyabb volt, mint 2007-ben, amikor a globális bioüzemanyag termelés még fele volt a 2016. évi termelésnek. A bioüzemanyag termelés és a mezőgazdasági nyersanyagárak nem rendelkeznek determinisztikus kapcsolattal, a spekulációs hatások és az alacsony készlet szint sokkal nagyobb hatást gyakorolnak az élelmiszerárakra, mint a bioüzemanyag termelés. A kőolaj árának változása viszont közvetlen hatással van a világgazdaság növekedésére, ezen keresztül az élelmiszerpiaci fizetőképes kereslet alakulására is, ugyanakkor hatása csak tompítva éri el az élelmiszerpiacot (BAI, 2013).

2.1.8 A bioüzemanyag termelés foglalkoztatásra gyakorolt hatása

A rendszerváltást követően Magyarországon – a többi ágazatot meghaladó létszámfogyás miatt – a mezőgazdaságban foglalkoztatottak összes foglalkoztatotton belüli aránya – a KSH munkaerő-felmérése alapján – jelentősen, az 1990. évi 14,20%-ról 2010-re 4,55%-ra, mintegy 10 %pontot csökkent (6. táblázat). A foglalkoztatottság szempontjából a mezőgazdaság volt a legnagyobb vesztese a rendszerváltásnak, ugyanis valamennyi gazdasági ágat figyelembe véve a létszámfogyás mértéke itt volt a legintenzívebb (TÓTH – MÁTÉ, 2013).

Megnevezés	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2017
Mezőgazdaság, erdőgazdálkodás, halászat (e fő)	693	295	256	194	172	203	220
1990 = 100%	-	42,57	36,94	27,99	24,82	29,29	31,75
Nemzetgazdaság összesen (e fő)	4880	3679	3856	3902	3781	4210	4421
Mezőgazdaság/Nemzetgazdaság összesen (%)	14,20	8,02	6,64	4,97	4,55	4,82	4,98

6. táblázat: A mezőgazdaságban foglalkoztatottak számának alakulása Magyarországon

Forrás: KSH, 2018 adatok alapján saját szerkesztés

Magyarországon a mezőgazdasági ágazat szereplőinek száma az 1990-es 693 ezer főről 2010-re 172 ezer főre csökkent, az elmúlt hét évben azonban kismértékű javulás figyelhető meg a foglalkoztatásában. 2017-ben 48 ezer fővel többen dolgoztak a mezőgazdaságban, mint 2010-ben.

A Nemzeti Vidékstratégia 2012-2020 szerint a mezőgazdaságban dolgozók létszámát 2020-ra Magyarországon 700 ezer főre, vagyis az 1990-es szintre kívánják emelni.

Az első generációs bioüzemanyagok előállítása hagyományosnak tekinthető ipari technológiákkal történik, így elsősorban a vidéki területeken a mezőgazdasági szektorban létesítenek munkahelyeket, jellemzően alacsony szakképzettséget igénylő állásokat (LONDO et al., 2010).

BAI (2013) szerint a legtöbb munkahely teremtése a megújulókon belül a bioüzemanyagokhoz kapcsolódik, elsősorban a közvetett munkahelyeken keresztül, mint például a berendezések, gépek és alkatrészek gyártása, valamint a különböző biomassza-üzemekben keletkező mellék- és hulladéktermékek hasznosítása. A foglalkoztatásban a legnagyobb jelentősége azonban a mezőgazdasági tevékenységnek van. A bioüzemanyagokat gyártó üzemek az automatizáltság miatt kevés, ám éppen emiatt kvalifikált munkaerőt foglalkoztatnak.

HOCHMAN – ZILBERMAN (2016) szerzőpáros összegző elemzése szerint az Egyesült Államokban a kukoricából előállított etanol közvetlen és közvetett foglalkoztatási hatása is kedvező volt és a hozzáadott érték miatt a gazdaság növekedéséhez is jelentősen hozzájárult.

DEL RÍO – BURGUILLO (2009) szerint a megújuló energiaforrások használata jelentős mértékben hozzájárul a fenntartható vidékfejlesztés megvalósításához, de nem tekinthető csodaszernek, ami megoldja a súlyos társadalmi, gazdasági problémákat. Tanulmányukban egy spanyol város biodízel gyárának közvetlen és közvetett foglalkoztatási hatásait vizsgálták meg. A vizsgált biodízel üzemben létrehozott közvetlen munkahelyek száma 23 db volt, ami a 10.000 lakosú spanyol város számára elenyészőnek számított. A közvetett foglalkoztatási hatást 180 főre becsülték.

Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terve szerint Magyarországon a zöldfoglalkoztatási program eredményeképpen 2020-ra 150-200 ezer új, ezen belül a megújuló energiaiparban mintegy 70-80 ezer tartós munkahely létrejöttét prognosztizálják (NFM, 2010). Az EurObserv'ER 2017. évi kiadványa szerint Magyarországon 2016-ban 15.700 fő dolgozott közvetve, vagy közvetlenül a bioüzemanyag-gyártásban. Ez 2015. évhez képest 6,8%-os növekedést jelentett és az EU-ban az ezen ágazatban foglalkoztatottak 7,65%-át tette ki. Magyarországon 2016-ban a teljes megújuló ágazatban közvetve, vagy közvetlenül összesen 35.200 fő dolgozott, ami messze elmarad a Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Tervben előrejelzett túlzott adattól.

A jelenleg végbemenő energiatermelési átalakulás következtében a jövőben nem csak új állások keletkezésével, hanem a hagyományos iparágakban számos munkahely megszűnésével is számolni kell. A foglalkoztatás csökkenését a hagyományos energetikai tevékenységek (pl. bányászat) regionális leépülése mellett nagyrészt az energiapiacokon lezajlott privatizáció, valamint az egyre kevesebb élömunkát igénylő technológiai fejlesztések okozzák (VARGA – HOMONNAI, 2009).

Az energianövények termelése pozitívan befolyásolja a mezőgazdasági foglalkoztatást, hatása azonban összességében nem túl jelentős. A közvetett foglalkoztatási hatások pedig csak nehezen számszerűsíthetők. Minél munkai igényesebb egy termelési folyamat, illetve minél több feldolgozási művelet szükséges egy termék előállításához, annál nagyobb lesz a foglalkoztatási hatás. A termelési folyamatok gépesítése viszont csökkenti az erdőszetben és a mezőgazdaságban a foglalkoztatást (LÁSZLÓK, 2012).

2.1.9 A bioüzemanyag termelés energiamérlege

A folyékony bioüzemanyagok előállítása összetett kémiai folyamatok eredménye, amelyek energia- és vízigénye nagyon magas. Ez a tény felveti a kérdést, hogy valóban „bio” termékekről van-e szó. Emiatt nagyon fontos elemezni a technológia hatékonyságát az energiafogyasztás és az energiatermelés szempontjából (ILLÉS et al.,2014).

A bioüzemanyagok energiamérlegét az energiamegtérülési mutatóval (Energy Payback Ratio – EPR) számszerűsíthetjük. Az EPR mutató életciklusanalízissel vizsgálja az összes nettó energiahozam és az összes energiaráfordítás viszonyát. Az energiamegtérülés szempontjából az EPR mutató azt méri, hogy egy energiarendszerbe bevitt közvetlen és közvetett fosszilis energiahordozó alapú energia milyen mértékben (hányszor) térül meg a rendszer által az élettartama alatt előállított energiamentységekben (TAKÁCS, 2014).

$$EPR = \frac{E_{n,L}}{(E_{mat,L} + E_{con,L} + E_{op,L} + E_{dec,L})} \quad (1)$$

ahol:

$E_{n,L}$ a létesítmény L élettartama alatt megtermelt összes nettó energia (J)

$E_{mat,L}$ a létesítmény L élettartama alatt az anyagokban bevitt összes energia (J)

$E_{con,L}$ a létesítmény L élettartama alatt az eszközökben, létesítményekben bevitt összes energia (J)

$E_{op,L}$ a létesítmény L élettartama alatt az üzemeltetéssel, üzemanyagokkal bevitt összes energia (J)

$E_{dec,L}$ a létesítmény L élettartama utáni felszámolásához szükséges összes energia (J)

Minél nagyobb a hányados értéke, annál nagyobb az energiatermelő folyamat nyeresége. 1 alatti érték esetén az energiatermelő folyamat veszteséges, mert több energiára van szükség az előállításához, mint a megtermelt energia. A látszólag egyszerű viszonyszám meghatározása azonban igen bonyolult, ugyanis nem mindegy, hogy a bioüzemanyag-gyártás életciklusának mely szakaszára számítják ki az energiaigényt, illetve hogyan határozzák meg a termékből kinyerhető energia mennyiségét. Részben ennek az eltérő számítási módnak köszönhető, hogy az energiamegtérülésre vonatkozóan a szakirodalomban rendkívül sokféle becslés található.

Bioüzemanyag	Alapanyag	Energiaegyenleg	
		Minimum	Maximum
Bioetanol	kukorica	1,3	1,8
	búza	1,2	4,3
	cukornád	2,0	8,3
	cukorrépa	1,2	2,2
	cellulóz*	2,6	35,7
Biodízel	repce	1,2	3,7
	pálmaolaj	8,7	9,7
	szójabab	1,4	3,4
	használt sütőolaj	4,9	5,9

7. táblázat: Bioüzemanyagok energiaegyenlege

Forrás: MANDIL – SHIHAB-ELDIN, 2010

*Elméleti számítás eredménye

LÁNG (1985) és tudományos csapata a Magyar Tudományos Akadémia irányításával végzett biomasszaprogram keretében többek között vizsgálta az egyes növények energiaegyenlegét is. Számításaik szerint a vizsgált növények energiaegyenlege a következő volt: cukorrépa 1,06, kukorica 0,75, napraforgó 1,55, repce 1,58. Ekkor még Magyarországon a növényi olajokat az

étkezési hasznosítás mellett csak vegyipari célokra használták. Mivel a számítások alapján a növényolaj előállítás energiamérlege pozitív volt, – szemben a gabonából előállított alkoholokkal, melyek esetében az előállítás több energiát emésztett fel, mint amennyi a termékből visszakapható – ezért a tanulmány felvetette a növényi olajok motorhajtóanyagként való felhasználásának lehetőségét is.

A 7. táblázatban LÁNG 1985-ben készített számításaihoz mérten korszerűbb gyártástechnológiával végzett energiaegeyenlegek láthatók. A kukoricából készült etanol energiaegeyenlege 1,3 és 1,8 között van, ami azt jelenti, hogy az etanol előállításához befektetett egységnyi energiából 1,3-1,8 egység energia keletkezik, ami igen gyenge aránynak tekinthető szemben a motorbenzin (a kőolaj kitermelési módjától függő) 5-30 közötti értékével.

BARÓTFI (2000) tanulmányában a bioetanolra 1,0-2,1, a repceolajra 2,1-3,9 energiaegeyenleget említ. MATA et al. (2011) kutatási eredményei szerint a biodízel előállítására felhasznált szójaolaj energiaegeyenlege csupán 0,33-0,48, a repceolajé 0,81-2,97, a napraforgó olajé 1,04. A FAO 2013. évi tanulmánya és a HLPE 2013. évi tanulmánya közel azonos energiaegeyenlegeket közöl az egyes alapanyagokra. A két tanulmány szerint az első generációs bioüzemanyagok közül a cukornádból készült etanol energiaegeyenlege a legkedvezőbb (3,1-9,3), a kukorica etanolé 0,8-1,7, búza etanolé 1,6-5,8, a repce biodízelle 2,3. A cellulóz alapanyagból előállított második generációs bioüzemanyagok energiaegeyenlege igen széles tartományban mozog (2-36), ami a viszonylag új technológiának és az alapanyagok sokféleségének köszönhető.

A bioüzemanyagok energiamérlegéről sokféle tanulmány sokféle adatot közöl. Az egyes tanulmányok közötti jelentős eltérést az energiaelőállítás során felhasznált energia életciklusának meghatározása okozza. Az energiamérleg függ például a felhasznált növények különböző éghajlatok miatti eltérő termésátlagaitól, a mezőgazdaság műtrágya- és növényvédőszerfelhasználásától, az alkalmazott finomítási, desztillálási technológiától, vagy a melléktermékek felhasználásától. Azok a vizsgálatok tekinthetők pontosnak az energiamérleg számítása során, melyek a teljes életciklusra vonatkoztatva számolják az egyes munkafázisok energiaigényét (KAZAI – VARGA, 2007). Ezek alapján általános konszenzus, hogy a bioüzemanyagok energiamérlege pozitív, vagyis előállításukkal több energiát nyerünk, mint amennyit befektettünk, de ennek mértéke alapanyag és technológiafüggő.

2.1.10 A bioüzemanyag termelés környezetre gyakorolt hatása

A bioüzemanyagok kétségtelen előnye, hogy egy adott országban előállított és felhasznált energia csökkenti az energiafüggőséget, mert az importált szénhidrogének helyett az ország saját erőforrásaiból állít elő üzemanyagot. A bioüzemanyagok további előnye, hogy üvegházgáz (ÜHG) kibocsátásuk alacsonyabb, mint a fosszilis üzemanyagoké, mivel a forrásnövények növekedésük során a bioüzemanyag elégetésekor felszabaduló CO₂-hoz hasonló mennyiségű CO₂-ot kötnek meg.

A bioüzemanyagok használatával elért tényleges ÜHG megtakarítást a RED irányelv szerint úgy kell kiszámítani, hogy a bioüzemanyag fosszilis megfelelőjének (fosszilis komparátor) használatából eredő összes kibocsátás és a bioüzemanyagok használatából eredő összes kibocsátás különbségét kell viszonyítani a fosszilis komparátor használatából eredő összes üvegházhatású gázkibocsátás értékéhez. A bioüzemanyagok használata során keletkező összes ÜHG-kibocsátás számításánál – az irányelv módszertana szerint – figyelembe kell venni a nyersanyagok előállítása, a földhasználat közvetlen változása, valamint a feldolgozás, szállítás, elosztás, felhasználás során keletkező kibocsátásokat és az energiatermelés (kogeneráció), illetve a szén megkötéséből,

tárolásából stb. származó kibocsátás-megtakarításokat. A gépek és berendezések gyártása során keletkező kibocsátásokat azonban nem kell figyelembe venni.

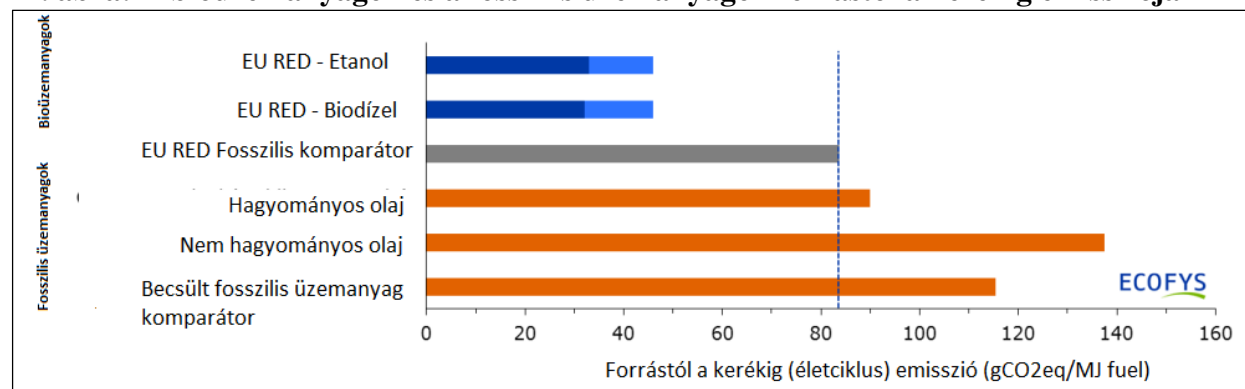
Alapanyag megnevezése		2009/28/EK alapértelmezett érték	BRINGEZU et al., 2009	SCOPE, 2009	FAO, 2008	GALLAGHER, 2008	RATHORE et al., 2016
Bioetanol	kukorica	49	-5 - 60	-5 - 35	-	-28 - 32	38 - 41
	búza	16 - 69	18 - 90	18 - 90	12 - 34	12 - 41	-
	cukornád	71	70 - 143	70 - 100	68 - 89	32 - 71	57 - 73
	cukorrépa	52	35 - 65	35 - 65	38 - 59	-	-
	mezőgazdasági és erdészeti melléktermékek	70 - 94	79-89	10 - 115	-	79 - 90	70 - 117
Biodízel	repce	38 - 57	20 - 85	20 - 85	38 - 59	28 - 47	56
	pálmaolaj	19 - 56	-868 - 80	8 - 84	49 - 84	25 - 65	-
	szójabab	31	-18 - 110	-17 - 110	-	8 - 66	38 - 41
	napraforgó	51	35 - 110	35 - 110	-	-	-
	hulladékfa	93 - 95	95 - 98	28 - 200	-	92 - 96	-

8. táblázat: Bioüzemanyagok ÜHG megtakarítása (%)

Forrás: 2009/28/EK irányelv; BRINGEZU et al., 2009; SCOPE, 2009, FAO, 2008 és GALLAGHER, 2008 in POPP – POTORI, 2011; RATHORE et al., 2016

A bioüzemanyagokkal elérhető ÜHG megtakarítás mértékét különböző kutatások alapján a 8. táblázat tartalmazza. A megjelölt tanulmányok minden esetben korábbi kutatások eredményeit közlik. A táblázat adatai alapján megállapítható, hogy a bioüzemanyagok ÜHG megtakarítása kapcsán nem beszélhetünk konszenzusról, mert igen széles határok között mozognak az egyes kutatások eredményei. A második generációs bioüzemanyagok ÜHG megtakarításai kedvezőbb átlagot adnak, mint az első generációs üzemanyagok mutatói, de a szórásuk is lényegesen nagyobb. Az egyes alapanyagok ÜHG megtakarításai közötti jelentős eltéréseket az alapanyagok előállítása során alkalmazott különböző technológiai eljárások, a feldolgozó üzembe való szállítás módja és távolsága is jelentősen befolyásolja.

11. ábra: A bioüzemanyagok és a fosszilis üzemanyagok forrástól a kerékgig emissziója



Forrás: ECOFYS, 2014

Megjegyzés: A RED irányelvben meghatározott emissziós értékek etanol esetén: cukorrépa 33g/MJ, búza 46g/MJ, biodízel esetén: pálma olaj 32 g/MJ, repce 46 g/MJ

Az ECOFYS 2014. évi tanulmánya az egyes bioüzemanyagok RED irányelv szerinti ÜHG kibocsátásának kiszámításához használt fosszilis komparátor értékét kritizálja. Az elemzésben

megvizsgálták, hogy milyen fosszilis üzemanyagok lennének a piacon, ha nem állnának rendelkezésre bioüzemanyagok (11. ábra). Ilyen körülmények között a bioüzemanyagokat többnyire nem a hagyományos üzemanyagok helyettesítenék, hanem a nem hagyományos olajokból előállított üzemanyagok, mint például az olajhomok, a palaolaj és a kerogén olaj, melyek előállítása magasabb ÜHG kibocsátással jár. Az ECOFYS által becsült fosszilis üzemanyag komparátora így körülbelül 115 gCO₂eq/MJ körül alakulna, ami 37%-kal magasabb, mint az EU által alkalmazott komparátor átlagos értéke (83,8 gCO₂eq/MJ). A bioüzemanyagok átlagos emissziója a RED irányelv szerint körülbelül 46 gCO₂eq/MJ. A becsült komparátorral számítva a bioüzemanyagok közvetlen ÜHG megtakarítása körülbelül 69 gCO₂eq/MJ lenne, ami 80%-kal kedvezőbb, mint az EU-s átlaggal számított érték.

A 8. táblázatban említett egyes alapanyagok ÜHG megtakarítása mellett figyelembe kell venni az előállítás költségeit is. Nem mindegy ugyanis, hogy milyen áron érhető el egységnyi CO₂ mennyiség megtakarítása. KAZAI – VARGA (2007) szerint az ÜHG megtakarításoknak a közlekedés területén sokfajta, nagyságrendekkel olcsóbb módja is létezik, mint például a meghajtás energiahatékonyságának növelése, vagy különböző hibrid-technológiák, nem beszélve a különböző adminisztratív intézkedésekről, mint például a közlekedés racionalizálása, a tömegközlekedés támogatása stb. Számításaik szerint 1000 liter E5-tel (5% bioetanolt tartalmazó benzin) mindössze 23 kg CO₂ takarítható meg. A szerzőpáros szerint az első generációs bioüzemanyagok szerepe elenyésző az ÜHG megtakarítások szempontjából.

Más kutatások szerint a bioüzemanyagok használata, nem csökkenti, hanem kifejezetten növeli a légkörbe kerülő üvegházgázok mennyiségét. Például SEARCHINGER et al. (2008) tanulmányában modellszámítással igazolta, hogy a bioüzemanyagok használata nem csökkenti az üvegházgázok kibocsátását, hanem növeli azokat a közvetett földhasználatváltozás miatt. A tanulmány szerint a bioüzemanyag-gyártás csökkenti az élelmezésre és takarmányozásra rendelkezésre álló gabona mennyiségét, ami magasabb árakat eredményez. A gazdák a magasabb ár miatt növelik a termelést, amihez egyre nagyobb földterületet használnak fel. Ez a közvetett földhasználatváltozás számításaik szerint a kukorica alapú etanol 20%-os ÜHG megtakarítása helyett csaknem megduplázza az üvegházhatást okozó gázok kibocsátását. FARGIONE et al. (2008) tanulmánya nagymértékben megerősítette Searchinger et al. következtetéseit, mely szerint a bioüzemanyagok használata növeli az ÜHG kibocsátást.

A későbbi kutatások során azonban több tanulmány is félrevezetőnek ítélte meg Searchinger et al. és Fargione et al. számításait. Az RFA (2008b) szerint Searchinger et al. tanulmánya rámutat az indirekt ÜHG becslésére irányuló számítások nehézségeire és vitatható jellegére. HOCHMAN – ZILBERMAN (2016) viszont szélsőségesnek és túlzónak ítélte meg Searchinger et al. modelljét a közvetett földhasználatváltozással kapcsolatban, valamint felhívta a figyelmet arra, hogy a géntechnológiával módosított szervezetek (GMO) bevezetésével, a magasabb hozamok miatt csökkenthető lenne a földhasználat változása.

A génmódosított növények termesztése régóta vita tárgyát képezi az Európai Unióban. A GMO növények előnye, hogy termelésük során kevesebb növényvédőszer és műtrágya-felhasználást igényelnek. A stabilabb hozamoknak, a magasabb keményítőtartalomnak és az alacsony mikotoxin tartalomnak köszönhetően fontos szerephez juthatna a bioüzemanyag előállításban (HINGYI et al., 2006). Mivel azonban a GMO növények eddig nem ismert egészségügyi kockázatokat rejthetnek magukban, ezért Magyarországon termelésük nem engedélyezett, míg más országokban, mint például az Amerikai Egyesült Államokban, Brazíliában és Argentínában nagy mennyiségben termelik, melyből olcsóbb bioüzemanyagot állítanak elő.

2.2 A hatékonyságvizsgálat mutatói

A gazdasági hatékonyság a ráfordítások értékének és az elért eredmény értékének aránya két lehetőség összehasonlítása során. A hatékonyság alapvetően gazdasági fogalom. A gazdasági szereplők leggyakrabban termelési eredményekben, vagy pénzben mérik a hatékonyságot, mert céljuk többnyire a hozamok és ráfordítások pénzben is mérhető különbségének a maximalizálása. A hatékonyság mindig viszonylagos fogalom. Legalább két esemény, lehetőség, arány, vagy egy kitüntetett viszonyítási alap kell a megállapításához. (NÁBRÁDI – PETŐ, 2009)

Egy vállalat hosszú távon való fennmaradásának elengedhetetlen feltétele, hogy termelési szerkezete által meghatározott outputjait a piacon úgy tudja realizálni, hogy az outputok és inputok értékaránya kedvező legyen, azaz az outputok értéke haladja meg a termelésben felhasznált inputok értékét. Ennek alakulása azonban alapvetően a hatékonyság függvénye, melynek megjelenítése különböző mutatószámok segítségével történik (PUPOS et al., 2015).

BIRHER et al. (2007) szerint a szántóföldi növénytermelés esetében a termelési tényezők mennyisége, milyensége és kombinációja határozza meg alapvetően a gazdálkodás hatékonyságát. A természeti tényezők (talajadottságok, domborzati tényezők és éghajlati tényezők) hatása miatt a növénytermelésben a termelés jelentős ingadozásával kell számolni.

A gazdasági erőforrások szűkösen állnak rendelkezésre, így a termelés folyamatosan beleütközik az erőforrások korlátaiba. Különösen igaz ez a mezőgazdaságra, tekintve a növénytermesztésre alkalmas földterületek nagyságát. Ez a szűkösség készteti az embert folyamatosan arra, hogy keresse a módját és eszközeit annak, hogyan lehet azonos erőforrás mennyiséggel egyre többet termelni.

A mezőgazdaságban az elemzést tovább nehezíti, hogy a megtermelt termékeknek kettős jellege van. Egyrészt a megtermelt termék lehet áru, vagy lehet a vállalkozáson belül egy újabb termelési folyamat alapanyaga is. Elemzési szempontból ezért gondot okozhat, hogy a hozamok egy része más ágazaton keresztül realizálódik. Például a növénytermelésben előállított takarmány eredménye az állattenyésztés hozamának értékesítése során térül meg. A hozamelemzést még az is zavarhatja, hogy a vállalkozás ugyanazt a terméket vásárlásból is beszerezheti, felhasználhatja (BÍRÓ et al., 2007).

Hatékonyság alatt az eredmények (outputok) és ráfordítások (inputok) bármilyen kombinációjú hányadosát értjük. Attól függően, hogy a hatékonysági mutató tartalmaz-e pénzürtékben kifejezett eredmény, vagy ráfordítás kategóriát, beszélhetünk ökonómiai, vagy naturális hatékonyságról. Ha egy mutató csak naturális értéket tartalmaz, akkor naturális hatékonyságról beszélünk. Ha a számláló vagy a nevező pénzben kifejezett értéket tartalmaz, akkor ökonómiai hatékonyságról beszélünk.

A hatékonyság két (ökonómiai és naturális) alapkategóriáján belül NÁBRÁDI – PETŐ (2009) négy mutatócsoportot különböztet meg:

- Ellátottsági mutatók, melyek ráfordítás-ráfordítás (input-input) hányadosai,
- Igényességi mutatók, melyek ráfordítás-eredmény hányadosai (input-output),
- Termelékenységi mutatók, melyek eredmény-ráfordítás hányadosai (output-input),
- Eredmény-arányossági mutatók, melyek az eredmény-eredmény (output-output) hányadosként előálló mutatók.

A termelékenység kategóriáján belül, illetve azon túlmutatóan tárgyalható a jövedelmezőség fogalma, amely a jövedelem és bármely ráfordítás, vagy eredménykategória hányadosaként áll elő.

A mutatószámok használatának kétségtelen előnye az elemzések során, hogy tömören, összevontan és átfogóan fejezik ki a vizsgált gazdasági jelenségeket, könnyen áttekinthetők és elterjedt alkalmazásuk révén közérthetők, valamint jól alkalmazhatók összehasonlítások végrehajtására. Az előnyök mellett azonban számos hiányosságuk is van. Több olyan tényező is érvényesülhet az időbeli elemzés során, melyek hatásai nem számszerűsíthetők, illetve nem mutathatók ki. Valamint a mutatók egyszerű kifejezésmódja gyakran elfedi az összehasonlításban érvényesülő torzító tényezőket, amelyek kiszűrésének elmaradása jelentősen befolyásolhatja az elemző következtetéseit (BÍRÓ et al., 2007).

2.2.1 A burkolófelület elemzés elméleti alapjai

Dolgozatomban a lineáris programozáson alapuló burkolófelület elemzést (Data Envelopment Analysis - DEA) használtam fel a magyarországi szántóföldi növénytermelés hatékonyságának kiszámításához. A DEA elemzés elméleti háttérét COELLI et al., (2005) nyomán mutatom be.

A hatékonyság elemzés olyan társadalmi-gazdasági egységek hatékonyságának vizsgálatával foglalkozik, amelyek tevékenységük során egy vagy több input felhasználásával egy vagy több outputot hoznak létre (FÜLÖP – TEMESI, 2001).

A relatív hatékonyságvizsgálat célja az azonos tevékenységet végző szervezeti egységek összehasonlítása az előállított outputok és a felhasznált inputok súlyozott aránya alapján. Outputnak nevezünk minden olyan működési eredményt, amelynek érdekében az üzemek erőforrásokat használnak fel. Inputnak nevezünk minden olyan erőforrást, amelynek felhasznált mennyiségéről az üzemek szabadon dönthetnek.

A hatékonyság mérésére számos módszer született, de a két leggyakrabban alkalmazott módszer a DEA (Data Envelopment Analysis) és az SFA (Stochastic Frontier Analysis) módszerek, melyek lineáris programozás és ökonometriai módszerek segítségével mérnek.

Bármelyik elméletet is nézzük, az alapgondolat a Farrell-féle hatékonyság-felfogásból indul ki, miszerint:

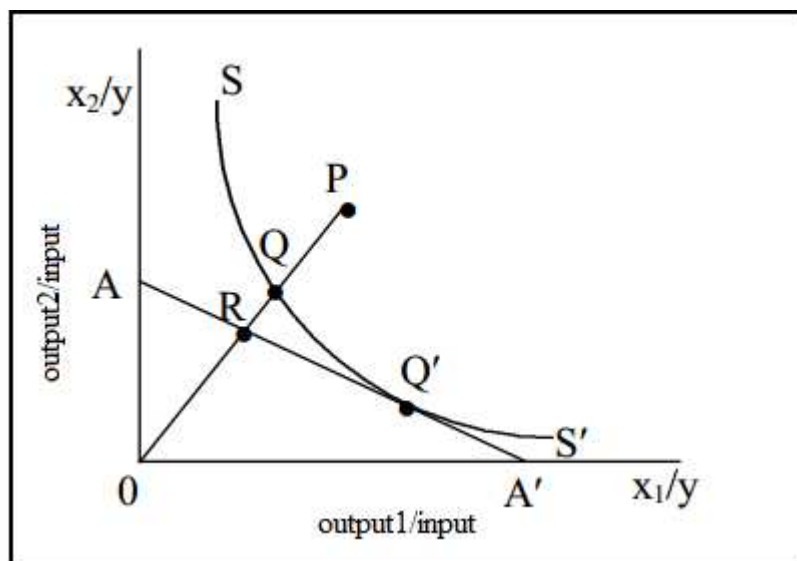
$$\text{Hatékonyság} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \quad (2)$$

A FARRELL-féle (1957) hatékonyság számítást évtizedekig használták, mígnem CHARNES, COOPER és RHODES (1978) átdolgozta azt és kifejlesztette a Data Envelopment Analysis (DEA) eljárást, amely a termelési határtól való távolságot veszi alapul.

Az új megközelítés nem a termelési függvényből indul ki, hanem az egyes szervezetek tényleges teljesítményéből. A módszer nem törekszik arra, hogy a szervezetek abszolút hatékonysági mutatóit számítsa ki, hanem az egyes üzemek adatainak összehasonlításával generál egy hatékonysági határt. A hatékonysági határtól vett távolság adja meg a hatékonyság mértékét. Az összehasonlítás olyan határvonalat eredményez, amely mintegy „beburkolja” a leghatékonyabb egységeket. Ahhoz, hogy egy nem hatékony üzem felkerüljön erre a hatékonysági szintre, meg kell változtatnia erőforrásainak összetételét. Ez a technika azon az elven alapszik, hogy megadja azt a távolságot, amennyire egy adott szervezet van attól a ponttól, hogy hatékony legyen (TIBENSZKYNÉ, 2008).

FARRELL (1957) szerint egy üzem gazdasági hatékonysága technikai hatékonyságra és allokatív hatékonyságra bontható fel. A technikai hatékonyság esetében a gazdálkodó a maximális

kibocsátást szeretné elérni adott összetételű inputtal. Míg az allokatív hatékonyság esetén adott inputárok mellett a gazdálkodóknak a termelési tényezőket úgy kell felhasználnia, hogy a profit maximális legyen.



12. ábra: Farrell hatékonysági mutató

Forrás: COELLI et al., (2005), 5 p.

A P üzem két inputot (x_1 és x_2) használ fel, mellyel egyetlen outputot (y) állít elő (12. ábra). A P gazdaság technikailag nem hatékony, mert nem az SS' isoquanton helyezkedik el. Az üzem technikai hatékonyságának mértékét a $0Q/0P$ hányados mutatja. A P gazdaság ezzel az arányszámmal csökkenthetné inputfelhasználását és ugyanazt a kibocsátási szintet tudná tartani.

Adott relatív inputárok mellett az AA' egyenlőköltség egyenes mutatja meg, hogy mekkora költséggel állítható elő egy egységnyi output. A legnagyobb gazdasági hatékonyság az isoquant Q' pontjában található. Az R pontnak ugyanakkora a költsége, mint a Q' pontnak, ezért a P üzem gazdasági hatékonyságát az $0R/0P$ hányados mutatja. A minimumköltség és a Q pontban felmerülő költség közti eltérés adja az allokatív hatékonyságot, ami egyenlő a $0R/0Q$ hányadossal. A gazdasági hatékonyságot a technikai hatékonyság és az allokatív hatékonyság szorzata adja a következőképpen:

$$\frac{0R}{0P} = \frac{0Q}{0P} \times \frac{0R}{0Q} \quad (3)$$

A fenti egyenlet alapján a Q' pont gazdaságilag hatékony, a Q pont technikailag hatékony, de allokatív értelemben nem hatékony, a P pont pedig sem technikailag, sem allokatív értelemben nem hatékony.

Mivel nem minden szervezet használja fel ugyanolyan mértékben (súlyozással) a rendelkezésére álló erőforrásait, és nem ugyanolyan értékű (súlyú) kimenetet termel, ezért a Farrell-féle képletet a következők szerint módosítani kell:

$$\text{Hatékonyság} = \frac{\text{Súlyozott output}}{\text{Súlyozott input}} \quad (4)$$

A súlyozás jelen esetben azt jelenti, hogy minden üzem szabadon választhatja meg az input és output adatok számára legkedvezőbb súlyozását, vagyis egy olyan szorzószámot, amely mellett

hatékonysága a legkedvezőbb. Ha az üzemek a számukra legkedvezőbb súlyozással termelnek, akkor meghatározható az általuk generált hatékonysági sorozat maximuma.

A súlyozott inputok és a súlyozott outputok arányát kétféleképpen számíthatjuk ki. Ha a cél az outputok jelenlegi értékének fenntartása kevesebb input felhasználásával, akkor a hatékonysági mutató számításakor a súlyozott outputok összegét osztjuk a súlyozott inputok összegével. Ezt az esetet input orientált közelítésnek hívjuk. Ebben az esetben a súlyszámokat úgy választjuk meg, hogy a hatékony üzemek hatékonysági értéke 1, míg az inputokat nem hatékonyan felhasználó üzemek hatékonysága 1-nél kisebb legyen. Az input orientált megközelítésnél a relatív hatékonysági mutató értéke 0 és 1 közötti értéket vehet fel és annál jobb, minél közelebb van az érték az 1-hez. Az így számolt hatékonysági mutató azt fejezi ki, hogy milyen mértékben lehet az inputok mennyiségét részlegesen csökkenteni anélkül, hogy az outputok mennyisége változna.

Ha az inputok jelenlegi mennyisége mellett a minél nagyobb értékű output elérése a cél, akkor output orientált számítást végzünk. Ebben az esetben a súlyozott inputok összegét osztjuk a súlyozott outputok összegével. A súlyszámokat ebben az esetben úgy kell megválasztani, hogy a hatékony üzemek esetében a hatékonysági mutató értéke 1, míg a nem hatékony üzemek esetében 1-nél nagyobb legyen. Output orientált megközelítésnél a relatív hatékonysági mutató értéke 1 és végtelen között lehet, és annál jobb, minél közelebb van az érték az 1-hez. Az így számolt hatékonysági mutató azt fejezi ki, hogy mennyivel lehet a kibocsátások mennyiségét részlegesen növelni anélkül, hogy az inputok mennyiségét változtatnánk.

A mérethatékonyság azt mutatja meg, hogy a szervezet optimális méretben végzi-e a tevékenységét. A méret jelentheti a foglalkoztatottak számát, a rendelkezése álló terület nagyságát, a gépesítettséget stb. Egy szervezet működhet technikailag hatékonyan úgy, hogy emellett a mérete lehet túl nagy, vagy éppen túl kicsi. A mérethatékonyság vizsgálata megmutathatja az üzemek számára, hogy a hatékony működéshez méretcsökkentésre, vagy épp ellenkezőleg, méretnövelésre van-e szükség.

A hatékonyságvizsgálatok elvégezhetőek állandó mérethozadékok (Constant Return to Scale - CRS) és változó mérethozadékok (Variable Return to Scale - VRS) feltételezve. Az állandó mérethozadék esetében a kibocsátás pontosan annyival növekszik, amennyivel az inputokat megnöveltük, vagyis feltételezzük, hogy az inputok hasznosulása konstans rátájú. Ellenkező esetben változó mérethozadékról beszélünk.

A CRS modellből a Farrell-féle technikai hatékonyságot tudjuk megbecsülni, a VRS modell pedig lehetővé teszi a mérethatékonyság vizsgálatát is (TIBENSZKYNÉ, 2008). A változó rátájú hatékonyság számítására azért van szükség, mert nem minden üzem termel hatékonyan. Ha a CRS hatékonyság nem egyenlő a VRS hatékonysággal, akkor a vizsgált üzem nem mérethatékony. A változó mérethatékonyság okai többek között a tökéletlen verseny, a pénzügyi korlátok és negatív externális hatások lehetnek. A változó mérethatékonyság lehet növekvő (Increasing Return Scale - IRS) és csökkenő (Decreasing Return to Scale - DRS). Ha az erőforrások adott mértékű növelése az eredmények adott mértékű növekedésénél kevesebbet eredményez, akkor csökkenő rátájú megtérülésről van szó. Viszont, ha az erőforrások adott mértékű növelése az eredmények adott mértékű növekedésénél többet eredményez, akkor az üzem növekvő rátájú megtérülési időszakban van.

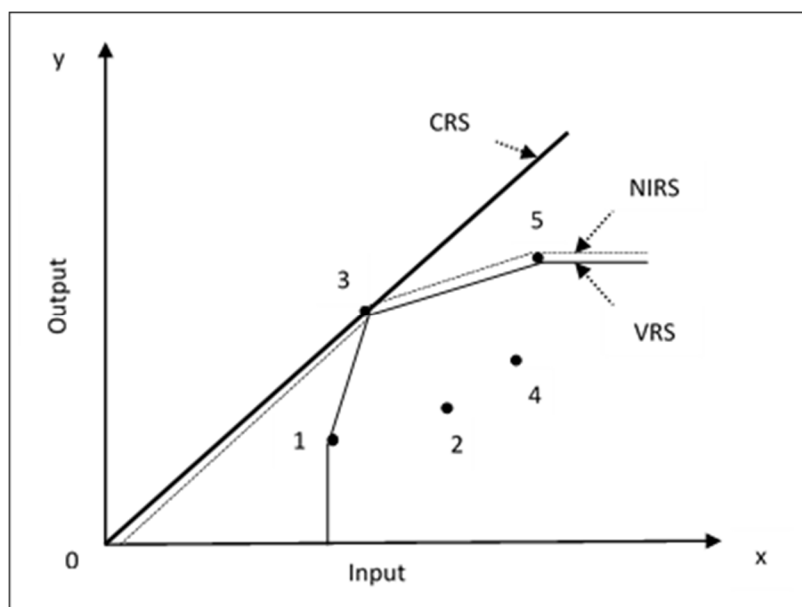
A mérethatékonyság (SE) számítása a konstans skálahatékonyság és a változó skálahatékonyság hányadosának kiszámításával lehetséges.

$$SE = \frac{VRS}{CRS} \quad (5)$$

A fenti egyenletet átrendezve kapjuk a

$$CRS = VRS \times SE \quad (6)$$

összefüggést, mely szerint az állandó mérethozadék felbontható a változó mérethozadék és a mérethatékonyság szorzatára. A mérethatékonyság azt jelzi, hogy milyen messze van a vizsgált üzem az optimális működési szintjétől.



13. ábra: Az állandó és a változó skálahozadék értelmezése

Forrás: COELLI et al., (2005), 20 p. alapján saját szerkesztés

Az állandó skálahozadék (CRS) esetében a vizsgált üzemek által elérhető maximális lehetőségek határa tágabb, mint ha változó rátájú megtérüléssel számolnánk, ezért előfordulhat, hogy egy CRS által 50%-os hatékonyságú üzemet a változó skálahozadékkal (VRS) is megvizsgálva 80%-osnak fogjuk találni. Ez abból adódik, hogy a változó ráta alkalmazása jobban megközelíti az üzemek által elérhető maximális teljesítmény határát. A 13. ábra 5 üzeme közül a CRS mindössze egy hatékony üzemet talál (3 számú üzem), addig a VRS-t alkalmazva már három üzem bizonyul hatékornak (1, 3 és 5 számú üzemek) (COELLI, 1996).

A skálahatékonysági érték egyik hátránya, hogy nem ad információt arról, hogy a vizsgált üzem a növekvő, vagy pedig a csökkenő skálahatékonyságú tartományban működik-e. Ennek eldöntésére szolgál a NIRS (Non-Increasing Returns to Scale), vagyis a nem növekvő skálahozamú modell. Ha a VRS hatékonyság nem egyenlő a NIRS hatékonysággal, akkor az üzem növekvő skálahatékonyságú, ellenkező esetben csökkenő. A skálahatékonysági értékek közötti összefüggés a következő:

$$0 \leq CRS \leq NIRS \leq VRS \leq 1 \quad (7)$$

A második és a harmadik egyenlőtlenség közül legalább az egyik egyenlőségként teljesül (TEMESI – VARRÓ, 2007).

A DEA elemzés egy hatékony teljesítménymérési technika. A módszernek számos előnye van más hatékonyság elemzési módszerekhez képest, de bizonyos korlátokkal is rendelkezik

(RAMANATHAN, 2003), (TEMESI – VARRÓ, 2007), (BERG, 2010), (COELLI et al., 2005), (SCRC, 1997).

A módszer előnyei:

- Nem igényli a termelési függvény meghatározását,
- Egyszerre több input és output adatot is képes kezelni,
- A hatékonyságot egyetlen mérőszámmal jellemzi,
- A nem hatékony üzemek számára irányt mutat a hatékonyság javítására,
- A felhasznált input és output adatoknak nem kell hasonló mértékegységűeknek lenniük,
- A legjobban teljesítő üzemekhez viszonyítja a többi üzem hatékonyságát, nem pedig az átlagos teljesítményhez, mint például a regresszió elemzés.

A módszer korlátai:

- A DEA módszer nem kalkulál a mérési hiba, illetve az egyéb forrásból eredő statisztikai hibák okozta torzító hatással, így úgy tekint az ideális, elméleti határgörbétől történő eltérésekre, mintha az a technikai hatékonytalanság következtében adódott volna,
- A módszertan nem tesz különbséget a hatékony üzemek között, azaz nem rangsorolja őket,
- Mivel a módszer nem paraméteres eljárás, ezért a statisztikai hipotézis vizsgálata nehézkes,
- A módszer érzékeny a kiugró értékekre, egy üzem elhagyása a mintából lényegesen befolyásolhatja a hatékonyság értékét,
- A hatékonysági értékeket befolyásolják az elemzéshez felhasznált input/output adatok száma és a minta elemszáma. A minta méretének növelése csökkentheti az átlagos hatékonyságot, mivel több szervezet bevonása nagyobb lehetőséget biztosít a DEA számára, hogy hasonló összehasonlító üzemeket találjon, míg az input/output adatokhoz mérten túl kevés elemszám növelheti azt.

A korlátozások ellenére a DEA elemzés hasznos eszköz a hatékonyság számszerűsítésére.

2.2.2 A teljes tényezős termelékenység mérésének elméleti alapjai

A teljes tényezős termelékenység (TFP) mérésének elméleti alapjait a neoklasszikus növekedési elméletek képezik. A neoklasszikus közgazdaságtan a termelési folyamatot az inputok és az outputok, vagyis a termelési tényezők és a kibocsátott termék viszonyaként fogja fel. Az összefüggést analitikus alakban a termelési függvények fogalmazzák meg.

$$Y = f(K, L) \quad (8)$$

$Y =$ maximális kibocsátás

$K =$ tőke mennyisége

$L =$ munka mennyisége

A hagyományos neoklasszikus növekedési modellek mindössze két független tényezőt tartalmaznak, a tőkét és a munkát. Alapvető feltételezés, hogy a termelők tökéletesen informáltak, egy jószág előállításának összes technológiailag kivitelezhető eljárását ismerik. A döntéshozó egységek racionálisan, egyéni érdekeiknek megfelelően döntenek, és azt a technológiát valósítják meg, amely az adott feltételek mellett optimális.

A gyakorlatban használt termelési függvények közül a mezőgazdaságban a Cobb-Douglas féle termelési függvény a leginkább használatos. A teljes tényezős termelékenység mérésére tradicionálisan az úgynevezett Solow maradékot szokás alkalmazni (FARKASNÉ FEKETE et al., 2009).

SOLOW (1957) a gazdasági növekedést nem csak a munka- és a tőkeáfordítás növekedésére vezette vissza, hanem modelljében a növekedés egy további forrása a technológiai változás is megjelenik.

$$Y(t) = A(t) f(K, L) \quad (9)$$

$Y = \text{output}$

$K = \text{tőke}$

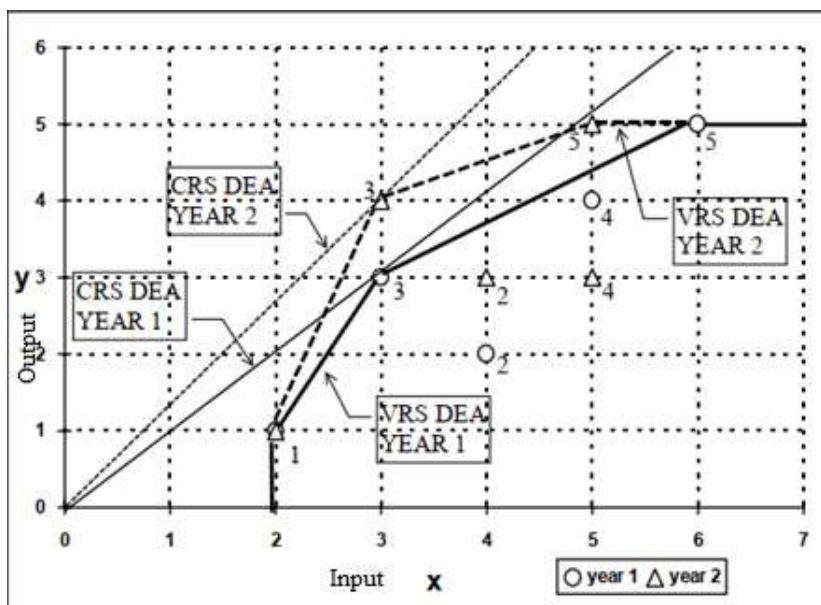
$L = \text{munka}$

$A = \text{technológiai fejlődés}$

Solow szerint a gazdasági növekedés döntő tényezője a műszaki fejlődés, nem pedig a tőkeberuházás és a munkaerő gyarapodása. Solow elvetette azt a nézetet, hogy a gazdasági növekedés kulcsa a tőke beruházása, és tagadta, hogy folyamatosan szorgalmazni kell a növekedési irányzatot (PETHŐ, 2004).

Solow modelljében a kibocsátás változását az inputok változására és az inputok változása által nem megmagyarázott reziduális részre vezette vissza. Az inputok változása feletti részt a technológiai változás hatásának tulajdonította, és a technológiaváltozást a teljes tényező termelékenységével azonosította.

A TFP mérése különböző index formulák segítségével lehetséges pl: Törnquist, Fischer, Paasche, Laspeyres és Malmquist index. Disszertációmban Malmquist index segítségével határoztam meg a szántóföldi növénytermelés TFP-jét. A Malmquist index előnye a többi mutatóhoz képest, hogy számításához nem szükségesek ár adatok, valamint a Malmquist indexet alkotó távolság függvények segítségével lehetővé válik több input és több output esetében is a TFP mérése. Az index az adatokat két különböző időpontban (t és t+1) hasonlítja össze, a t időszakhoz tartozó technológiai szinten (14. ábra).



14. ábra: A Malmquist index értelmezése

Forrás: COELLI et al., (2005), 30 p.

HÜTTL (2017) szerint a TFP, mint maradék igen képlékeny fogalom. A nem tudásunk mértékéért is emlegetik. CRAFTS (2008), GORDON et al. (2015) és HÜTTL (2017) szerint a TFP-nek a következő összetevőit lehet azonosítani:

- A termelés hatékonyságának javulása, tehát az a mérték, amennyivel a ténylegesen megvalósult termelési szint közelebb kerül az adott technológia által maximálisan elérhető termelési lehetőségek határához.
- A méretgazdaságosság kiaknázása, vagyis a termelés méretének növelésével elérhető többlet (például az általános költségek fajlagos szintjének csökkenése által).
- A technikai helyettesítési hatás érvényesítése, az új technológiákra való áttérés, illetve a termelés ágazati szerkezetének változása révén elérhető többlet.
- A termelő számára költségmentesen igénybe vehető termelési tényezők, mint például a termelőegységben a munka jobb szervezésével keletkező szervezeti tőke (beleértve a menedzsment vállalkozási képességeit is), valamint a termelő számára ingyenesen hozzáférhető, egyébként korlátos eszközök (például a más szervezeti egységekben folyó kutatásfejlesztés túlsordulása, az állam által teremtett kedvező intézményi, szabályozási, vállalkozáskulturális feltételek).

Ami ezek után is bennragad a termelékenységben, az – a nem elhanyagolható mérési hibán kívül – a méretgazdaságosság, az ágazati szerkezetváltás hatása és a felzárkózás a hatékony pályához. Az elmélet szerint ezek a hatások tulajdonképpen a piac nem tökéletes működésének tudhatók be.

2.2.3 Relatív hatékonyságvizsgálatok a mezőgazdaságban

A technikai hatékonyságelemzés módszerét számos kutató használta fel a mezőgazdaság teljesítményének elemzésére. A következőkben – a teljesség igénye nélkül – röviden bemutatok néhány tanulmányt, amelyek DEA vagy SFA módszert használva a mezőgazdasági vállalkozások relatív hatékonyságának vagy teljes tényezősz termelékenységének változását elemezték.

A kelet- és közép-európai országok mezőgazdaságának technikai hatékonyságáról készített FERTŐ és BARÁTH (2014) részletes szakirodalmi áttekintést. A szerzők az egyes kutatások eredményeinek áttekintése után arra a következtetésre jutottak, hogy az üzemméret és a technikai hatékonyság között nincs egyértelmű kapcsolat, mert az eredmények egy része pozitív, míg más részük negatív kapcsolatot mutatott a két változó között, ezért az eredményeket csak óvatosan lehet értelmezni. A támogatások és a technikai hatékonyság között szintén nem találtak egyértelmű kapcsolatot. Több általuk feldolgozott tanulmány is arra a következtetésre jutott, hogy a támogatások negatívan hatnak az üzemek technikai hatékonyságára (LATRUFFE, 2010, BAKUCS et al., 2010). Azok a tanulmányok viszont, amelyek a technológiai fejlődésre gyakorolt hatást is figyelembe vették, többnyire pozitív kapcsolatot jeleztek a két változó között (KUMBHAKAR – LIEN, 2010), (McCLOUD – KUMBHAKAR, 2008), (ČECHURA et al., 2014) és (ČECHURA et al., 2015).

LATRUFFE et al. (2008) a támogatások hatását vizsgálták a technikai hatékonyságra az EU-hoz való csatlakozás előtti és utáni években. A vizsgálatokat Magyarországra, Csehországra, Szlovéniára és Romániára végezték el. Megállapították, hogy a támogatások negatív hatást gyakoroltak a mezőgazdaság technikai hatékonyságára Magyarországon. A szlovén mezőgazdaságban, Csehországban, a tejágazatban és a román növénytermelési ágazatban szintén negatív hatást számszerűsítettek a technikai hatékonyság és a támogatások között.

GALONOPOULOS et al. (2008) tanulmánya Malmquist index segítségével mérte 32 ország mezőgazdasági termelékenységének hatékonyságát 1966-2002 közötti időszakban a FAO adatbázisát felhasználva egy output és öt input segítségével. Az országok között szerepeltek nyugat-európai, közép- és kelet-európai, valamint közel-keleti és észak-afrikai országok is. Eredményeik szerint az 1966 és 2002 közötti időszakban a mintába felvett országok mezőgazdasági ágazatának teljes tényezőhatékonyságában átlagosan 0,5%-os

termelékenység-növekedés volt megfigyelhető. A termelékenység növekedés vezető országai: Bulgária (2,8%), Líbia (1,7%), Dánia (1,4%), Görögország (1,2%), Egyesült Királyság (1,2%) és Spanyolország (1,0%). Az összes többi ország – Algéria, Marokkó, Portugália és Tunézia kivételével – pozitív termelékenységi változást (0,1-0,8%) mutatott. A termelékenység növekedése nagyrészt a technológiai fejlődésnek volt köszönhető. A teljes tényezőhatékonyság-változást és annak összetevőit három időszak átlagára is megadták a szerzők. Magyarországon a mezőgazdasági termelékenység a szerzők által megadott három időszak átlagában csökkenő ütemben nőtt. 1966 és 1979 között 2,1%-kal, 1980 és 1989 között 0,8%-kal és 1990 és 2002 között már csak 0,2%-kal, átlagosan 1,1%-kal. Ezek az eredmények nagyrészt a technikai hatékonyság csökkenésének voltak a következményei, de e mellett a technológiai hatékonyság is csökkenő tendenciát mutatott az 1990 és 2002 közötti időszakban.

MAO – KOO (1997) a kínai mezőgazdasági termelés teljes tényezőhatékonyság-változását vizsgálta 1984-1993 között. Az elemzés 29 tartományra készült a Kínai Statisztikai Évkönyv adatait felhasználva. Az eredmények azt mutatták, hogy az 1984-1993-as időszakban a mezőgazdaság termelékenysége a legtöbb tartományban nőtt. A technikai haladás nagyrészt a vidéki gazdasági reformok után a kínai mezőgazdasági termelékenység növekedésének volt tulajdonítható. Számos tartományban a technikai hatékonyság romlása azt jelezte, hogy Kínában nagy lehetőségek vannak a termelékenység növelésére a technikai hatékonyság javítása révén. A vidéki oktatás, valamint a kutatás és fejlesztés növelése a mezőgazdaságban segítheti a termelőket a mezőgazdasági termelés műszaki hatékonyságának és termelékenységének javításában.

A világ 93 legnagyobb mezőgazdasági termelő országának teljes tényezőhatékonyságát vizsgálta meg Malmquist index segítségével COELI – RAO, (2003) szerzőpáros. Az elemzéshez felhasznált adatok az 1980-2000 közötti időszakra a FAO adatbázisából származtak. Eredményeik szerint a kumulált TFP index Ázsiában és Észak-Amerikában volt a legmagasabb, Ausztrália és Európa végzett a középmezőnyben és Afrika, valamint Dél-Amerika termelékenysége volt a legalacsonyabb. A tanulmány szerint a vizsgált időszakban az egyes európai országok átlagos Malmquist indexe nagyság szerint a következő volt: Portugália 102,6%, Románia 102,3%, Lengyelország 102,1%, Ausztria 101,4%, Németország 101,3%, Finnország 101,1%, valamint Svédország és Magyarország esetében egyformán 100,3%.

HEADEY et al. (2010) FAOSTAT adatok alapján a világ 88 országának mezőgazdaságára végzett teljes tényezőhatékonyság-változás számításokat 1970 és 2001 közötti évekre. Output adatként a gabonafélék és az állatállomány mennyiségét használták fel 185 különböző mezőgazdasági termékre összevontan. Input adatként a föld mennyiségét, a traktorok számát, a felhasznált munka mennyiségét, a felhasznált műtrágyát és a haszonállatok mennyiségét használták fel. A TFP változását illetően széleskörű teljesítményváltozást tapasztaltak. A teljes tényezőhatékonyság a vizsgált időszakban gyorsabban növekedett az OECD országokban, Közel-Keleten és Észak-Afrikában, valamint a kelet-ázsiai régióban, változó volt Latin-Amerikában, a Karib-térségben és a Szaharától délre fekvő Afrikában, és általában igen alacsony volt Dél-Ázsiában.

LATRUFFE et al. (2012) Magyarország és Franciaország tejtermelésének és szántóföldi növénytermelésnek hatékonyságát vizsgálta és hasonlította össze FADN adatok alapján 2001-2007 évi időszakban. A vizsgálatokat DEA módszeren alapuló Malmquist index segítségével végezték el. A tejágazat hatékonysági mutatóiban nem voltak szignifikáns eltérések a két ország között, de a szántóföldi növénytermelésben a francia gazdálkodók jobb eredményt értek el. Számításaik során két outputot és négy inputot használtak fel. Output adatként szerepeltek a gabonafélék, olajos magvak és fehérjenövények termelésének értékei, valamint az egyéb termelési érték euróban kifejezve. Az input adatok a hasznosított földterület hektárban, a felhasznált munka mennyisége éves munkaerőegységben kifejezve, a folyó termelő felhasználás és a tőke összege euróban kifejezve. Magyarországon a teljes tényezőhatékonyság 3%-kal nőtt a vizsgált

időszakban, Franciaországban a növekedés ennél magasabb, 4,6% volt. Magyarországon az ágazatban a technológiai növekedés (6,7%) magasabb volt, mint Franciaországban (3,9%). A technikai hatékonyságváltozásban viszont Magyarországon 3,5%-os hatékonysági tartalék volt megfigyelhető, amiből a mérethatékonysági tartalék 1,1%, az egyéb tényezők okozta hatékonysági tartalék pedig 2,4% volt eredményeik szerint.

FARKASNÉ FEKETE et al. (2008) output orientált DEA elemzésen alapuló Malmquist index segítségével vizsgálták az EU csatlakozás utáni években a magyarországi búzatermelés és a sertéshízlalás hatékonyságának alakulását. Számításaikat az FADN költség és jövedelem adatainak felhasználásával végezték el 2004-2006 közötti évekre vonatkozóan a folyamatosan az adott tevékenységet végző gazdaságokra. A búzatermelés vizsgálatánál output adatként a termelt mennyiséget használták fel. Input adatként a vetésterület aranykorona értékben, a vetőmag, műtrágya, növényvédő szer, üzemanyag, élőmunka, amortizáció, a tevékenység általános költségei és a gazdálkodás általános költsége szerepelt forintban. A teljes tényezőhatékonyságváltozást országosan, vállalati forma szerint és régiókra is kiszámították. Eredményeik szerint a búzatermelésre a teljes tényezőhatékonyság-változás (-3,6%) csökkent a vizsgált időszakban. A csökkenés az élvonalbeli gazdaságok technológiájának 8,4%-os növekedése mellett következett be. A technikai hatékonyságváltozás 11%-os lemaradást mutatott, amit a tiszta technikai hatékonyságváltozás és a skálahatékonyság változás azonos súllyal okozott. A szerzők következtetése szerint a közvetlen kifizetések és a gabonaintervenció miatt emelkedő árak hatására javult az ágazat jövedelmezősége, melynek következtében a gazdák bátrabban kezdtek fejlesztésekbe. A menedzsmentnek viszont nem sikerült hozzáigazítania az új technológiai szinthez a termelés rendszerét. Az EU csatlakozás után az egyéni gazdaságok nagyobb figyelmet fordítottak a technológiai fejlesztésre (8,6%), a technikai hatékonyságváltozásban viszont a hatékonysági tartalékok (-9,1%) nőttek. A csökkenésben az is szerepet játszhatott, hogy a rendelkezésükre álló nagyobb támogatás összegét nem a hatékonyságot javító fejlesztésekre fordították, hanem olyanokra, melyeknek hatására növekedtek a kiadásai (mint például az élelmiszerbiztonság, vagy környezetbiztonság fejlesztése). A szerzők szerint az EU csatlakozással nem csökkentek a hatékonysági tartalékok a búzatermelésben, hanem növekedtek.

FARKASNÉ FEKETE et al. (2009) egy másik tanulmányukban szintén 2004-től 2006-ig terjedő időszakra vizsgálták meg a gabonanövények termelékenységének alakulását az FADN adatbázisa alapján. Vizsgálataikat az Európai Unió A1-es régiói szintjén végezték el. Az eredmények azt mutatták, hogy a vizsgált időszakban a gabonanövények termelékenysége 5%-kal romlott, ami az élvonalbeli gazdasággal rendelkező régiók (Magyarországon Nyugat-Dunántúl, Lengyelország és Portugália régiója) 1,4%-os hatékonyságrömlése és a követő gazdaságokkal rendelkező régiók 3,5%-os lemaradása eredményeképpen következett be. Tehát a technológia avulása volt megfigyelhető az Európai Unió régióiban. A lemaradó régiókban a lemaradás oka teljes egészében (3,5%) abból adódott, hogy az ottani gazdaságok nem tudták elérni technikai optimumuk szintjét, vagy éppen pazarlóan meghaladták azt. A menedzsment hibájából bekövetkező hatékonyságrömlés nem volt kimutatható.

FEKETE-FARKAS et al. (2012) az EU csatlakozás utáni években (2005-től 2009-ig) vizsgálta a magyarországi búzatermelés és a sertéstartás termelékenységét. Kutatásaik szerint a magyar búzatermelés termelékenységét az EU-hoz való csatlakozás csak kis mértékben befolyásolta. A búzatermelés termelékenysége Magyarországon átlagosan a 2009. évi kedvezőtlen időjárási viszonyok ellenére is pozitív (3,7%) volt. A nagyobb termelékenységnövekedést az egyéni vállalkozások érték el. A termelékenységnövekedés kismértékű technológiai hatékonyságjavulás (1,3%) mellett következett be. A vállalkozási formák esetében az egyéni vállalkozások technológiai fejlődése volt a nagyobb. A kedvezőtlen környezeti változások miatt a befektetési hajlandóság a növekvő nettó jövedelem ellenére sem nőtt. A követő gazdaságok hatékonyságjavulása 2,8% volt és ennél a mutatónál is az egyéni gazdaságok teljesítettek jobban.

A technikai hatékonyságváltozás nagyrészt a mérethatékonyság (4,6%) kedvező alakulásának volt köszönhető, míg az egyéb tényezők miatt bekövetkezett termelékenység javulása (0,6%) kismértékű volt. A szerzők szerint az EU csatlakozások utáni növekvő támogatások nem gyakoroltak pozitív hatást a technikai hatékonyságra. Fő következtetésként megállapítják, hogy a búzatermelés termelékenységének csak nagyon kicsi a változása, ami nem elegendő a versenytársak felzárkózáshoz.

FELKAI et al. (2013) input orientált DEA modell segítségével vizsgálta 2005 és 2010 évre vonatkozóan FADN adatok alapján Magyarország néhány növénytermelési ágazatának hatékonysági tartalékát. Adatbázisukban 755 db búzát, 289 db árpát, 759 db kukoricát, 269 db napraforgót és 391 db repcét termelő gazdaság szerepelt. A változók a termelési tényezők közül a vetőmag-, műtrágya-, növényvédő szer-, és idegen gépi munka-felhasználás, valamint a termés hektáronkénti természetes értékei és egységárai voltak. A számításokat nem csak ágazatokra, hanem gazdasági méretre és vállalkezési formákra is elvégezték. Eredményként a hatékonysági tartalékokat mutatták be. A szerzők tanulmányukban megállapították, hogy ágazati bontásban az átlagos hatékonysági tartalék 49%, a vállalkezési forma szerint 60%, a gazdasági méret szerint pedig 63% volt a vizsgált időszakban. Tehát a hatékonysági tartalékok differenciálódásában a leginkább meghatározó csoportképző ismérv a gazdasági méret volt. Eredményeik szerint a költséghatékonyságban lényegesen nagyobb tartalékok vannak (83-93%), mint a természetes hatékonyságban (42-68%), melynek okát az értékesítési árak erős gazdaságonkénti különbözőségében érdemes keresni. Megállapították továbbá, hogy a növénytermelésben a technológia és a ráfordítások optimalizálásában vannak a legkisebb tartalékok (10-15%), viszont a menedzseri munkában még 40-50% körüli hatékonysági tartalék rejtőzik. Számításaik szerint növényenként a hatékonysági tartalékok eltérése mindössze 3-6% volt, amit a hasonló termelési technológiák okoztak. A gazdasági méret és a vállalkezési forma esetében inkább kimutatható volt a különbség. A szántóföldi növénytermelésben az ágazatok vizsgálata alapján azt a következtetést vonták le a szerzők, hogy a költséghatékonysági tartalékok szerények és alig változtathatók az árak minimális területi differenciái miatt. A vezetés hatékonyságának javításával a természetes hatékonyságbeli lemaradások felszámolhatók. A növénytermelési ágazatban az élvonalbeli gazdaságokhoz mért hatékonyság az optima körül ingadozik.

FANDEL (2014) a gabonafélék és olajos magvak termelésének termelékenységi változását vizsgálta Szlovákiában 1998-2007 közötti időszakban. Az eredmények azt mutatták, hogy az elemzett ágazatban a termelékenység körülbelül 20%-kal csökkent 1998-2007 között. A termelékenység csökkenését a technológiai hatékonyság javulása mérsékelte, ami a verseny pozitív hatását jelezheti. A mérethatékonyság a vizsgált időszakban kedvezően alakult. A termelékenység csökkenését leginkább a tiszta technikai hatékonyságváltozás 42%-os csökkenése okozta.

A szlovák növénytermelés és állattenyésztés termelékenységét vizsgálta ZBRANEK – FANDEL (2015) szerzőpáros 2000-2012 közötti időszakban. Tanulmányuk célja a termelékenység alakulásának vizsgálata az EU-hoz való csatlakozás után és a növekvő támogatások hatása a két ágazatra. A növénytermelési ágazat esetében a termelékenység alakulásának kiszámításához két output és hat input adatot használtak fel. Output adatként a növénytermelésből származó és az egyéb tevékenységből származó éves árbevétel összegét használták. Input adatként az éves munkaerő költség értékét, az értékcsökkenés éves összegét, a megművelt földterület nagyságát, a vetőmagok és növényvédő szer költségét, valamint az egyéb anyagokra és energiára fordított éves kiadások összegét használták fel. Az eredményeik azt mutatták, hogy a növénytermelési ágazat termelékenysége a vizsgált időszakban kismértékben (0,90%), míg az állattenyésztésé nagyobb mértékben (9,90%) növekedett. A növénytermelési ágazat alacsony termelékenységét az éghajlati viszonyoknak való kitettséggel magyarázták. Mindkét ágazat termelékenységét a technológiai haladás pozitívan, míg a lassuló műszaki hatékonyságváltozás negatívan befolyásolta. Az EU csatlakozás után jelentősen megnövekedett mindkét ágazat támogatásának aránya. Ennek ellenére

mindkét ágazatnál a csatlakozás utáni első négy évben csökkent a termelékenység. A növénytermelés esetében a visszaesést a technikai hatékonyság csökkenése okozta, mert a szerzők szerint ezek a gazdaságok kevésbé voltak hajlandók olyan támogatásokat igényelni, amelyeket innovációra lehetett volna felhasználni. Véleményem szerint a technikai hatékonyság azért is csökkenhetett, mert a magasabb támogatásokból megvásárolták az új termelőgépeket és ennek hatására romlott az üzemek technikai hatékonysága.

BALCOMBE et al. (2005a) a lengyel mezőgazdaság termelékenységének alakulását vizsgálta DEA-n alapuló Malmquist index segítségével 1996-2000 közötti időszakban, amikor Lengyelország az Európai Unióhoz való csatlakozásra készült fel. Az elemzés 250 véletlenszerűen kiválasztott gazdaság adataiból készült. A lengyel mezőgazdaságban a termelékenység átlagosan 2%-os csökkenést mutatott a vizsgált időszakban. A kedvezőtlen termelékenységi trend negatív technológiai változás (-6%) és pozitív technikai hatékonyságváltozás (4%) következménye volt. A technikai hatékonyságon belül a mérethatékonyság növekedése 1%, a tiszta technikai hatékonyság növekedése pedig 3% volt.

BALCOMBE et al. (2005b) tanulmánya 1999-es FADN adatokból származik, melyben 88 állattenyésztő és 256 növénytermelő cseh gazdaság output orientált technikai hatékonyságát vizsgálták meg egyéni és társas vállalkozás bontásban. A számítások egy output és négy input adat felhasználásával készültek. Output adatként a teljes kibocsátás értékét használták fel. Az input adatok a hasznosított földterület nagyságát, az éves munkaerő egységet, az értékcsökkenés és a fizetett kamatok összegét, valamint a folyó termelő felhasználás értékét tartalmazták. Eredményeik szerint a társas vállalkozások hatékonyabbak voltak a vizsgált időszakban, mint az egyéni vállalkozások. Az egyéni vállalkozások esetében az állattartó gazdaságok tiszta technikai hatékonysága és mérethatékonysága is magasabb volt, mint a növénytermelő gazdaságoké. A társas vállalkozások esetében viszont az ellenkezője volt igaz. A növénytermelő egyéni és társas vállalkozások teljes technikai hatékonysága csak kis mértékben tért el. A tiszta technikai hatékonyság és mérethatékonyság esetében az eltérés nagyobb volt a két vállalkozási forma között.

A cseh mezőgazdaság technikai hatékonyságát és teljes tényező termelékenységét vizsgálta ČECHURA (2012) sztochasztikus határelemzési módszerrel. Čechura az elemzéseket külön elvégezte a cseh növénytermelési és állattenyésztési ágazatra is. Eredményei szerint Csehországban a növénytermelés technikai hatékonysága 2004 és 2007 között stagnált. A mérethatékonyság és a menedzsment hatékonysága viszont javuló tendenciát mutatott. A vezetés pozitív hatása arra enged következtetni, hogy a növénytermelésre szakosodott vállalatok jobban igazodtak az intézményi és gazdasági változásokhoz, és így versenyképesebbek tudtak maradni a piacon. A termelékenység és annak összetevői a növénytermelési ágazatban – a technológiai hatékonyság kivételével – növekedtek. A cseh növénytermelő üzemek a vizsgált időszak végére egyre közelebb kerültek az optimális mérethez. A szerző szerint a növénytermelési szektorban a TFP növekedése a támogatások pozitív hatásainak volt a következménye, mivel a támogatások hozzájárultak a termelők versenyképességéhez.

A 9. táblázatban összefoglaltam az egyes szerzők magyarországi szántóföldi növénytermelésre végzett hatékonyságvizsgálatainak eredményeit. A hatékonyságvizsgálatok minden esetben DEA módszerrel készültek, a termelékenységváltozást Malmquist index segítségével számszerűsítették a szerzők. Galonopoulos et al. (2008) és Coeli – Rao (2003) tanulmánya FAO adatok felhasználásával, míg a többi tanulmány FADN adatok alapján készült különböző időszakokra, más input-output adatok felhasználásával.

9. táblázat: A magyarországi növénytermelés hatékonyságára végzett kutatások eredményeinek összefoglalása

Szerző	Vizsgált időszak	Eredmény
Galonopoulos et al. (2008)	1966-2002	A mezőgazdaság TFP-je a vizsgált három időszak átlagára nézve csökkenő ütemben nőtt: 1966-1979 +2,1%, 1980-1989 +0,8% és 1990-2002 + 0,2%, átlagos növekedés 1,1%.
Coeli - Rao (2003)	1980-2000	Az átlagos Malmquist index a vizsgált időszakban 100,3%
Latruffe et al. (2008)	2003-2005	A támogatások negatív hatást gyakoroltak a technikai hatékonyságra.
Latruffe et al. (2012)	2001-2007	A szántóföldi növénytermelés TFP-je 3%-kal nőtt a vizsgált időszakban. A TC változása +6,7% volt, a TEC változása -3,5%. A PU változás -2,4%, a SC változás -1,1%-ot tett ki.
Farkasné Fekete et al. (2008)	2004-2006	A búza TFP-je -3,6% volt a vizsgált időszakban. A TC változása +8,4% volt, a TEC változása -11%. A PU változás -5,7% volt, a SC változás -5,7%.
Farkasné Fekete et al. (2009)	2004-2006	A gabona TFP-je -5% volt az EU A1 régiójára számítva. A TC változás -1,4% volt, a TEC változás -3,5%. A PU változása 0%, a SC változás -3,5%-ot tett ki.
Fekete-Farkas et al. (2012)	2005-2009	A búza TFP-je +3,7% volt a vizsgált időszakban. A TC változás +1,3% volt, a TEC változás +2,8%. A PU változása +0,6%, a SC változás +4,6%-ot képviselt.
Felkai et al. (2013)	2005, 2010	A hasonló termelési technológiák miatt a búza, az árpa, a kukorica, a napraforgó és a repce között a hatékonysági tartalékok csupán 3-6%-kal tértek el egymástól.

Forrás: Saját szerkesztés a megjelölt szerzők eredményei alapján

A táblázat eredményeiből az eltérő alapadatok miatt csak a búza termelékenységének alakulásáról lehet következtetéseket levonni. Magyarországon a búza termelékenységének javulása következett be. A termelékenység javulását a követő gazdaságok hatékonyságának javulása okozta, míg az élvonalbeli gazdaságok hatékonysága csökkenő ütemben nőtt. A technikai hatékonyság növekedését a termelés méretének optimálisabb megválasztása és a termelési tényezők jobb kihasználása okozta.

BRAVO-URETA et al. (2007) 1979 és 2005 között megjelent 167 tanulmány átlagos technikai hatékonyságából készített összefoglaló elemzést. A vizsgált országok között szerepelnek fejlődő és fejlett országok is. A szerzők egy táblázatban összesítve közölték az átlagos technikai hatékonyságokat a növénytermelési és állattenyésztési ágazatok esetében. Az egyes tanulmányok különböző módszerrel, különböző adatok felhasználásával és eltérő időszakokra készültek, ezért a kapott hatékonysági értékek csupán relatív mérőszámként értelmezhetők. A szerzők az egyes módszereket vizsgálva megállapították, hogy a nem paraméteres eljárások magasabb becsléseket generáltak, mint a sztochasztikus módszerek, a determinisztikus modellek pedig alacsonyabb becsléseket eredményeztek.

A 10. táblázatban összehasonlítható hogy hogyan alakultak a növénytermelési ágazat technikai hatékonyságának értékei a különböző országokban a paraméteres és nem paraméteres eljárások tekintetében a különböző kutatók szerint.

10. táblázat: Átlagos technikai hatékonyságok a növénytermelési ágazatra vonatkozóan

Sorszám	Forrás	Ország	Vizsgált ágazat(ok)	N	Átlagos technikai hatékonyság (%)
Nem paraméteres eljárások (DEA)					
1.	Byrnes (1987)	USA	Gabonafélék	107	99,40
2.	Kalaitzandonakes – Dunn (1992)	USA	Gabonafélék	250	94,00
3.	Kalaitzandonakes et al (1995)	Guatemala	Kukorica	82	93,00
4.	Latruffe et al (2004)	Hollandia	Tej és gabona	222	64,00
5.	Latruffe et al (2005)	Hollandia	Tej és gabona	199	69,80
6.	Mehdian et al (1988)	USA	Gabonafélék	116	59,70
Paraméteres eljárások					
<i>Determinisztikus határelemzés</i>					
7.	Aly et al (1987)	USA	Gabonafélék	88	58,00
8.	Amara et al (1999)	Kanada	Burgonya	82	80,30
9.	Bakhshoodeh – Thomson (2001)	Irán	Búza	164	92,00
10.	Croppenstedt – Mulat (1997)	Etiópia	Szántóföldi növények	344	41,00
11.	Kalaitzandonakes – Dunn (1992)	USA	Gabonafélék	250	57,00
12.	Kalaitzandonakes et al (1995)	Guatemala	Kukorica	82	52,00
13.	Neff et al (1991)	USA	Gabonafélék	170	64,50
14.	Shah et al (1994)	Pakisztán	Kukorica	380	66,60
<i>Szochasztikus határelemzés (SFA)</i>					
15.	Abdulai – Eberlin (2001)	Nicaragua	Kukorica	120	72,00
16.	Aguilar – Bigsten (1993)	Kenya	Gabonafélék	347	93,90
17.	Ali et al (1994)	Pakisztán	Gabonafélék	436	24,00
18.	Araujo – Araujo-Bonjean (1999)	Brazília	Gabonafélék	100	86,70
19.	Bashir et al (1995)	Pakisztán	Búza	150	33,00
20.	Battese – Coeli (1989)	India	Egyéb gabonafélék	289	83,70
21.	Battese et al (1996)	Pakisztán	Búza	499	68,00
22.	Bhattacharyya et al (1996)	India	Gabonafélék	105	85,60
23.	Bravo-Ureta – Pinheiro (1997)	Dominikai Köztársaság	Gabonafélék	60	70,00
24.	Demir – Mahmud (1998)	Törökország	Gabonafélék	67	55,00
25.	Giannakas et al (2001)	Kanada	Búza	900	76,90
26.	Hadri et al (2003a)	Anglia	Egyéb gabonafélék	606	86,40
27.	Hadri et al (2003b)	Anglia	Egyéb gabonafélék	612	86,00
28.	Hasnah et al (2004)	Sumatra	Pálma olaj	80	66,00
29.	Johnson et al (1994)	Ukrajna	Burgonya	6 136	71,50
30.	Kalaitzandonakes – Dunn (1992)	USA	Gabonafélék	250	85,00
31.	Kalaitzandonakes et al (1995)	Guatemala	Kukorica	82	74,00
32.	Kalirajan (1986)	Fülöp-szigetek	Kukorica	73	64,70
33.	Kurkalova – Carriquiry (2003)	Ukrajna	Egyéb gabonafélék	164	94,20
34.	Latruffe et al (2004)	Hollandia	Tej és gabona	250	80,50
35.	Paul et al (2004)	USA	Kukorica	16 590	93,50
36.	Phillips – Marble (1986)	Guatemala	Kukorica	1 384	76,00
37.	Seyoum et al (1998)	Etiópia	Kukorica	20	86,60
38.	Shah et al (1994)	Pakisztán	Cukornád	380	79,20
39.	Wilson et al (1998)	Egyesült Királyság	Burgonya	140	89,50
40.	Wilson et al (2001)	Egyesült Királyság	Búza	362	87,00

Forrás: BRAVO-URETA et al., (2007) alapján saját szerkesztés

3 ANYAG ÉS MÓDSZER

Ebben a fejezetben azokat az adatbázisokat ismertetem, melyeket a kutatás során felhasználtam, majd felsorolom a kutatás céljához igazodó hipotéziseket és röviden ismertetem a hipotézisek igazolásához felhasznált módszertant.

3.1 Anyag

3.1.1 Eurostat adatbázis

Az Európai Unió Statisztikai Hivatalának (EUROSTAT) adatbázisát használtam fel a vizsgálatba bevont országok kiválasztásához. Az adatbázisból a 2004 és 2015 közötti évekre a megújuló energiaforrások elsődleges termelésének éves adatai közül az 5545 kódú folyékony bioüzemanyagok adatait szűrtem le (EUROSTAT, 2016). Az így kapott adat tartalmazza a biodízel, a bioetanol és az egyéb folyékony bioüzemanyagok előállított mennyiségét (EUROSTAT, 2017). Az egyes országok bioüzemanyag termelésének adatait rangsoroltam. A vizsgált időszakban az európai bioüzemanyag termelés több mint felét az első három ország állította elő, ezért ezeket az országokat vontam be az elemzésbe.

3.1.2 FAOSTAT adatbázis

A Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT) adatbázisát a földhasználat változás elemzéséhez használtam fel. Az adatbázisból a vizsgált országok teljes területének nagyságát, a szántóterület nagyságát, valamint a búza, a kukorica, a napraforgó és a repce betakarított területének nagyságát és a hozamok alakulását használtam fel 2004 és 2016 közötti években. A földhasználat változás alakulását és a hozamok változását öt éves átlagok számításával vizsgáltam meg.

3.1.3 Az Európai Bizottság Tesztüzemi Rendszere

Az Európai Bizottság a mezőgazdasági üzemek jövedelem-alakulásának és gazdálkodásának elemzésére 1965-ben egy reprezentatív információs rendszert hozott létre. A rendszer elnevezése: Mezőgazdasági Számviteli Információs Hálózat (Farm Accountancy Data Network, rövidítve: FADN). Ennek az információs rendszernek az adatokkal történő feltöltése a tagországok kötelezően előírt feladata. Az Európai Unió 28 tagországában összesen mintegy 80.000 mezőgazdasági üzembről gyűjtenek adatokat. A felmért gazdaságok egy megközelítőleg 5 milliós alapsokaságot reprezentálnak, ami a mezőgazdasági hasznosítású terület és a mezőgazdasági termelés minimum 90%-át teszi ki (EC, 2010).

A meghatározott szempontok szerint kiválasztott adatszolgáltató gazdaságok önkéntesen csatlakoznak a rendszerhez. Könyvelési adataikat rendelkezésre bocsátják, amit a továbbiakban anonim módon, az adatvédelemre vonatkozó szigorú előírások betartása mellett kezelnek és csak statisztikai célokra használnak fel. A tagországokban folyó adatgyűjtés az egyes országok sajátos helyzetének és információ-igényeinek megfelelően kisebb-nagyobb mértékben eltér a közösségi kötelező előírásoktól, de minden tagország képes egységes tartalmú és formátumú adatokat szolgáltatni az FADN adatbázisába bizonyos konverziók végrehajtása után (KESZTHELYI, 2009). Az Európai Unió szintjén és az egyes tagállamokban különbözőek az üzemek méretkategóriái, ezért az FADN adatbázisában az üzemek 14 méretkategória helyett 6 gazdasági méretosztályba vannak besorolva.

Az FADN nyilvános adatbázisából a gazdasági típusok közül a szántóföldi növénytermelés adatait szűrtem le a 6 méretkategória szerint 2004 és 2015 év között. Az egyes méretkategóriák Standard Termelési Értékeinek nagyságát és az általam képzett csoportosítást a 11. táblázat tartalmazza.

11. táblázat: A vizsgált országok üzemeinek méretkategóriák szerinti besorolása

ES6 csoportosítás	Standard Termelési Érték (STÉ) euróban	Saját csoportosítás
1	2 000 - < 8 000 EUR	Kisméretű gazdaságok
2	8 000 - < 25 000 EUR	
3	25 000 - < 50 000 EUR	Közepes méretű gazdaságok
4	50 000 - < 100 000 EUR	
5	100 000 - < 500 000 EUR	Nagyméretű gazdaságok
6	>= 500 000 EUR	

Forrás: Saját osztályozás EC (2010) alapján

12. táblázat: Az FADN adatbázisból felhasznált változók leírása

Kód	Megnevezés	Leírás
SE010	Éves munkaerő egység (ÉME)	Adott évben, teljes munkaidőben foglalkoztatott fizetett dolgozó létszámot mutatja, főben kifejezve. Azon személyek, akik nem dolgoztak egész évben, vagy részmunkaidőben dolgozta az ÉME törtrészenek tekintendők. Egy ÉME 1800 munkaórának felel meg.
SE011	Munkaórák száma	A ledolgozott munkaórák számát tartalmazza.
SE025	Összes hasznosított terület	A mezőgazdasági célra hasznosított terület nagyságát mutatja hektárban kifejezve.
SE042	Energianövényekkel bevetett terület nagysága	Az adatok hektárban vannak kifejezve.
SE131	Szántóföldi növénytermelésből származó árbevétel	EUR-ban kifejezve.
SE146	Energianövény termelésből származó árbevétel	EUR-ban kifejezve.
SE295	Műtrágya költsége	A szántóföldi növénytermeléshez felhasznált műtrágya és talajjavító szerek költsége EUR-ban kifejezve.
SE300	Növényvédelem költségei	A kártevők elleni védekezés költségeit tartalmazza EUR-ban kifejezve.
SE370	Béreköltség	A béreket és azok járulékait, valamint a biztosítási díjakat tartalmazza EUR-ban kifejezve. Nem tartalmazza a segítő családtagok béreköltségét.
SE605	Támogatások	Az alaptevékenységhez kapcsolódó támogatások EUR-ban kifejezve, ami nem tartalmazza a beruházásokra kapott támogatások értékét.
SE455	Gépek értéke	A termelőgépek értéke EUR-ban, melyek éven túl szolgálják a gazdaságok tevékenységét.
SE465	Forgóeszközök	A készletek, követelések és pénzeszközök állománya EUR-ban.
SE495	Rövid lejáratú követelések	Az éven belüli kölcsönök és az éven belüli követelések összege EUR-ban kifejezve.
SE436	Eszközök összesen	Az üzemek befektetett eszközeinek és forgóeszközeinek összege EUR-ban kifejezve.
SE501	Saját tőke értéke	Az összes eszköz és a kötelezettségek különbsége EUR-ban kifejezve.
SE131 + SE605	Termelési érték	Az üzemek árbevételének és a kapott támogatásoknak az összegeként kalkulálható az adatbázisból.
SE420	Nettó eredmény	Egy számviteli év nyereségének/veszteségének egyenlege EUR-ban kifejezve.

Forrás: EB FADN (2016) alapján saját szerkesztés

Az elemzés során az adatokból 12 mutatót számítottam ki a kiválasztott országok szántóföldi növénytermelésének összehasonlításához, amelyek a legjellemzőbb hatékonysági és jövedelmezőségi mutatók a gazdasági elemzéseknél, és amelyek kiszámításához az adatbázis lehetőséget biztosított. A számítások során alkalmazott képleteket az 1. melléklet tartalmazza.

A jövedelmezőségi és a hatékonysági mutatók képzéséhez az FADN adatbázisából 2004. évtől 2015. évig a szántóföldi növénytermelő gazdaságok tekintetében a 12. táblázat szerinti változók értékeit használtam fel (EB FADN, 2016).

Az FADN adatbázis súlyozási rendszere lehetővé teszi az egyes országok adatainak mutatószámokkal való időbeli és térbeli összehasonlíthatóságát. Némi nehézségek okoz a térbeli összehasonlításánál az egyes országok különböző számviteli beszámolási rendszeréből adódó eltéréseinek kezelése, amit bizonyos konverziók végrehajtásával próbálnak meg kiküszöbölni.

3.1.4 A magyar mezőgazdasági tesztüzemi információs rendszer

A magyar mezőgazdasági tesztüzemi információs rendszer (TR) azzal a céllal jött létre, hogy egyidejűleg szolgálja a hazai információ-szükséglet kielégítését, illetve az Európai Bizottság FADN-rendszeréhez történő kapcsolódást. Az Agrárgazdasági Kutató Intézet (AKI) 1996-ban kezdte el az adatgyűjtést a Földművelésügyi Minisztérium megbízására. Kezdetben csak egy megyére végeztek adatgyűjtést, majd fokozatosan megyéket, illetve gazdaságokat vontak be az adatgyűjtésbe. 2001 volt az első év, amelyben a rendszer országos szinten, teljes körűen kiépült, és azóta összesen mintegy 1.900 mezőgazdasági vállalkozásról tartalmaz adatokat (KESZTHELYI – KOVÁCS, 2002).

Ahhoz, hogy a tesztüzemek adataiból országos adatokat lehessen levezetni, súlyozni kell az egyedi adatokat. Ehhez a mezőgazdasági Gazdaságszerkezeti Összeírás adatait használják fel, melybe minden Magyarországon tevékenykedő vállalkozás vagy természetes személy bekerül, aki mezőgazdasági termeléssel foglalkozik. Így a magyar tesztüzemi rendszer országos és regionális szinten is reprezentatívnak mondható (KESZTHELYI et al., 2003).

2009-ig mind az EUROSTAT Gazdaságszerkezeti Összeírásaiban, mind a TR-ben a standard fedezeti hozzájárulás (SFH) alapú tipológiát használták az üzemméret és a tevékenységi irány meghatározására. A 2010. évi és az utána következő évek adatait viszont már az új, standard termelési érték (STÉ) alapú tipológia segítségével dolgozták fel, de visszamenőlegesen a 2009-ig közölt adatokat is átszámították az STÉ alapú tipológia szerint (KESZTHELYI – PESTI, 2012).

A Standard Fedezeti Hozzájárulás a mezőgazdasági termelőtevékenység egységnyi méretére (1 ha, 1 állat) vonatkozóan meghatározott normatív fedezeti hozzájárulást jelenti. Ez az érték a gazdaságok jövedelemtermelő képességét fejezi ki. Ezzel szemben a Standard Termelési Érték az ágazatok kibocsátását fejezi ki. Az STÉ tartalmazza az értékesítést, az üzemi felhasználást, az üzemi fogyasztást és a készletek változásából származó bevételt mind a főtermék, mind a melléktermékek vonatkozásában és nem tartalmaz semmilyen közvetlen és egyéb támogatást.

A TR-ben a vizsgált üzemkör a legalább 4.000 euró STÉ méretegységet elérő egyéni gazdaságokból és gazdasági szervezetekből áll össze, az ennél kisebb méretű üzemekről az AKI nem gyűjt adatot. Az üzemek a földrajzi elhelyezkedésük, méretük és termelési profiljuk figyelembevételével kerülnek kiválasztásra.

Az AKI rendelkezésemre bocsátotta 2004 és 2015 év között az alaptevékenységként szántóföldi növénytermelést folytató üzemek költség és jövedelem adatait kutatás céljára.

Az elemzés megkönnyítése érdekében a 12 méretkategóriából három méretkategóriát hoztam létre (13. táblázat). A 3-5 STÉ méretű gazdaságokat kisméretű, a 6-9 STÉ méretű gazdaságokat közepes, a 10-14 STÉ méretű gazdaságokat pedig nagyméretű gazdaságoknak neveztem el.

13. táblázat: A vizsgált gazdaságok méretkategóriák szerinti besorolása

Méretkategóriák	Standard Termelési Érték (STÉ) euróban	Saját csoportosítás
I.	2 000 EUR alatt	-
II.	2 000-től 4 000 EUR-ig	
III.	4 000-től 8 000 EUR-ig	Kisméretű gazdaságok
IV.	8 000-től 15 000 EUR-ig	
V.	15 000-től 25 000 EUR-ig	
VI.	25 000-től 50 000 EUR-ig	Közepes méretű gazdaságok
VII.	50 000-től 100 000 EUR-ig	
VIII.	100 000-től 250 000 EUR-ig	
IX.	250 000-től 500 000 EUR-ig	
X.	500 000-től 750 000 EUR-ig	Nagyméretű gazdaságok
XI.	750 000-től 1 000 000 EUR-ig	
XII.	1 000 000-től 1 500 000 EUR-ig	
XIII.	1 500 000-től 3 000 000 EUR-ig	
XIV.	3 000 000 EUR, vagy a fölött	

Forrás: Saját osztályozás az EC (2008), valamint az EC (2012) alapján

Az adatbázisból a Malmquist index és a DEA elemzés számításához a következő output adatokat használtam fel:

- 190 kód: Főtermék mennyisége kilogrammban, valamint a
- 630 kód: Az ágazat összes árbevétele forintban, ami a ténylegesen értékesített fő és melléktermékek mennyiségének és az elért átlagos értékesítési árnak a szorzata.

A számításokhoz felhasznált input adatok a következők:

- 110 kód: Vetésterület hektárban,
- 170 kód: Átlagos aranykorona érték Ark/ha-ban
- 635 kód: Vetőmag-, szaporítóanyag költség forintban,
- 645 kód: Műtrágyaköltség forintban,
- 655 kód: Növényvédő szer költsége forintban,
- 770 kód: Gépköltségek forintban, ami az üzem- és kenőanyagok költségét, valamint a folyó javítási és karbantartási költségeket tartalmazza és a
- Ledolgozott munkaórák száma, ami a 830 kódú Családi munka bérköltsége munkaórában, a 840 kódú Rendszeresen foglalkoztatottak bérköltsége munkaórában és a 850 kódú Alkalmi munka bérköltsége munkaórában adatok összege.

A Malmquist index számításához azoknak az üzemeknek az adatait használtam fel az AKI adatbázisából, amelyek a vizsgált időszak minden évében gazdasági tevékenységet folytattak 2004 és 2015 év között. A vizsgált időszakban 398 olyan üzem volt, amelyik folyamatosan végzett

termelő tevékenységet. Mivel a termelékenység számítására felhasznált DEAP program érzékeny a nulla értékre, ezért az adatbázist meg kellett tisztítani ezen kiugró értékektől. Így az adatbázisból kiestek azok az üzemek, amelyek nem számoltak el gépköltséget, mert idegen gépi szolgáltatásokat vettek igénybe, vagy nem használtak fel műtrágyát és növényvédő szereket, illetve saját felhasználásra termelték meg a gabonát, nem pedig értékesítésre. A kiugró értékek törlése után 304 üzem maradt a mintában, amelyekre a számításokat elvégeztem.

A DEA elemzést a teljes szántóföldi növénytermelési ágazatra, valamint a következő szántóföldi növényekre végeztem el:

- 1111 ágazati kódú Búza és tönkölybúza,
- 1121 ágazati kódú Szemes kukorica,
- 1311 ágazati kódú Ipari napraforgó, valamint a
- 1312 ágazati kódú Repce.

Az értékbeni output és input adatokat az árváltozás hatásának kiszűrése érdekében a mezőgazdasági termelői árak indexével defláltam 2004 évet bázisul véve. Az árindexeket a 2. melléklet tartalmazza. Az AKI adatbázisában összesen 38.129 üzemsoros adat szerepelt a vizsgált időszakban. A DEA elemzés – hasonlóan a Malmquist index számításhoz – csak nullánál nagyobb értékekkel végezhető el, ezért azok az üzemek, amelyeknek az output, vagy input adatai között nulla szerepelt, törlésre kerültek a mintából. A kiugró értékek kiszűrése után 28.326 üzemsoros adat maradt a mintában, melyekre a számításokat elvégeztem. A DEA elemzést a teljes szántóföldi növénytermelési ágazatra elkészítettem, mert ez a módszer az input és output adatok alapján az üzemek hatékonyságát egymáshoz képest méri.

3.2 Módszerek

A statisztikai elemzések a Microsoft Excel program, az SPSS programcsomag (Statistical Package for Social Science - Társadalomtudományok Számára Kifejlesztett Statisztikai Programcsomag), valamint a DEAP (Data Envelopment Analysis Computer Program) Version 2.1 programok segítségével készültek a következőekben bemutatott módszerek segítségével.

3.2.1 Korreláció-elemzés

A korrelációs számítás a változók közötti lineáris kapcsolat szorosságának és irányának leírására szolgál. A korrelációs kapcsolat erősségét a Pearson-féle korrelációs együtthatóval mérhetjük, rangszámok esetén pedig a Spearman-féle rho együtthatóval.

A rangkorrelációs együttható segítségével azt vizsgáltam, hogy van-e kapcsolat az egyes országok szántóföldi növénytermelésének hatékonysága és a bioüzemanyag termelés nagysága között.

3.2.2 Trends számítás

A trends számítás lényege, hogy az idősből a többi komponens hatását valahogyan kiszűrjük, az idősort „kisimítsuk”. Disszertációmban a mozgóátlagolású trends számítás és a logisztikus trends számítás módszerét használtam fel.

Mozgóátlagú trendszámítás

A trendet a megfigyelt idősor értékeinek átlagolásával kell előállítani abban az esetben, ha feltételezzük a tartós irányzat létét, de nincs kellő ismeretünk a vizsgált folyamatról, vagy nem tudunk analitikusan leírható függvényt meghatározni a közép- vagy hosszú távú ciklusok zavaró hatása miatt.

A mozgóátlagolású trendszámítást a szántóföldi növénytermelés teljes tényező termelékenységének számításához, valamint a DEA elemzéshez használtam fel. A méretkategóriákra kiszámított TFP adatokból, valamint a DEA elemzéssel számított éves adatokból háromtagú mozgóátlagolással szűrtem ki a kedvezőtlen időjárási hatások miatti torzításokat.

Logisztikus trendszámítás

A logisztikus trendfüggvények olyan folyamatok, jelenségek leírására alkalmasak, amelyeknek a növekedése korlátos. Az állandó ütemű növekedés hosszabb távon nem tartható feltevés. A folyamatok gyakori jellemzője, hogy egy ideig állandó ütemben nőnek, majd egy idő után eléri azt a szakaszt, amikor a növekedés korlátai már éreztetik hatásukat, és ennek eredményeképp a növekedés üteme érezhetően csökken, 0-hoz tart. Így az állományi szemléletben felfogott folyamat egy elnyújtott S görbéhez hasonló trenddel jellemezhető (HUNYADI, 2004).

A logisztikus függvény alakja a következő:

$$y_t = \frac{k}{1 + ae^{-bt}} \quad (10)$$

ahol

k – a telítettségi szint, $k > 0$,

a – a helyzetparaméter, $a > 0$,

b – növekedési sebességet jellemző paraméter, ha $b > 0$ logisztikus növekedésről, ha $b < 0$ logisztikus csökkenésről van szó.

A telítődési függvényeket általában a demográfusok és a biztosítási szakemberek használják különböző folyamatok leírására és közelítésére. A függvény inflexiós pontja jelzi a vizsgált jelenség fejlődésében bekövetkező jelentősebb változásokat és annak várható időpontját is. Az inflexiós pont után a fejlődés jellege megváltozik, lelassul, ezért a függvény kritikus pontjának tekinthető (KEHL – SIPOS, 2010).

A logisztikus trendszámítást arra használtam fel, hogy megbecsüljem a vizsgált országok hagyományos bioüzemanyag-termelésének jövőbeli alakulását.

3.2.3 Főkomponens-elemzés

A főkomponens-elemzés egy többváltozós statisztikai eljárás, mely az adatredukciós módszerek közé sorolható, és a faktoranalízis egy speciális esetének tekinthető. Az elemzés célja a változók számának csökkentése úgy, hogy közben a lehető legkevesebb információ vesszen el a statisztikai sokaságról. Vagyis a későbbi statisztikai elemzéseknél nagyjából az eredetivel azonos következtetéseket lehet levonni a sokaságról (KETSKEMÉTY et al., 2011).

Attól függően, hogy figyelembe kívánjuk e venni, hogy a változók eltérő skálán mértek e, vagy sem az elemzést a korrelációs, vagy a kovariancia mátrixból is elvégezhetjük. Az elemzés eredménye annyi főkomponens lehet amennyi a változók száma. A módszer legfőbb jellemzője, hogy mindegyik komponens a sajátérték sorrendjében magyarázza a megfigyelt változók varianciáját. Az első főkomponens magyarázza a legnagyobb részt, a többi pedig csökkenő mértékben járul hozzá az összvarianciához. Azokat a főkomponenseket tekintjük jelentősnek, amelyek sajátértéke nagyobb egynél, vagy annyi főkomponenst, amennyi együttesen az összes varianciának legalább a 80%-át megmagyarázza, így az információnak csak a 10-20%-át veszítjük el az eredeti adatállományból.

Az eljárás előnye, hogy segítségével az adatok átláthatóbbakká válnak, így az értelmezésük is könnyebb lesz. Az új változókkal könnyebben hajthatók végre további műveletek és csökken a hiba mértéke is (CSANÁDY et al., 2013).

A főkomponens-elemzés igénye leggyakrabban abban az esetben merül fel, ha a megfigyelt változók között erős korrelációt észlelünk. Az elemzés elvégzése előtt a Bartlett-teszt és a Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) teszt segítségével bizonyosodhatunk meg arról, hogy az adatokon alkalmazható a módszer. A Bartlett-teszt azt vizsgálja, hogy a változók az alapsokaságban korrelálatlanok-e. Az elemzést csak akkor lehet elvégezni, ha a szignifikancia szint kisebb, mint 5%, vagyis a változók között összefüggés van (FÜSTÖS, 2009). A KMO értéke az egyik legfontosabb mérőszám annak megítélésére, hogy a változók mennyire alkalmasak az elemzés elvégzésére. Ha a KMO értéke 0,5 alatt van, akkor nem végezhető el az elemzés, mert a változók korrelációja ezt nem teszi lehetővé (SAJTOS – MITEV, 2007).

A faktorok értelmezésének megkönnyítésére varimax forgatást alkalmaztam, ami a komponensek által magyarázott variancia maximalizálására alkalmazható módszer. A faktorrotáció során a faktorok tengelyeit forgatjuk el, mely során csak a magyarázott variancia módosul. SAJTOS – MITEV (2007) szerint a varimax módszer a többi forgatási eljáráshoz képest stabilabb és jobban szétválasztja a komponenseket.

A főkomponens-elemzést a szántóföldi növénytermelés jövedelmezősége és az energianövény termelés közötti kapcsolat elemzésére használtam fel.

3.2.4 Klaszterelemzés

A klaszterezés hasonló dolgok csoportosítását jelenti. Alapvető célja, hogy a megfigyelési egységeket az elemzésbe bevont változók alapján viszonylag homogén csoportokba rendezze. Egy egyed csak egy csoporthoz tartozhat, és azokhoz az egyedekhez lesz hasonló, amelyekkel egy klaszterbe került, míg a többi klaszterbe tartozó egyedektől különbözik (FÜSTÖS et al., 2007).

SAJTOS és MITEV (2007) szerint a klaszterelemzésre nincs egyetlen legjobb megoldás, mivel a klaszterbe való tartozás a választott eljárás függvénye. Az országok méretkategóriáinak klaszterezését Ward módszerrel végeztem el. A Ward-féle eljárásnál az SPSS program minden klaszterre kiszámolja az összes változó átlagát és a megfigyelési egységekre a négyzetes euklideszi távolságot. A távolságokat összegzi minden megfigyelési egységre és azokat a klasztereket vonja össze, amelyeknél a klaszteren belüli szórásnégyzet növekedése a legkisebb.

A klaszterelemzés a főkomponens-elemzéstől eltérően nem a változók, hanem a megfigyelési egységek számát csökkenti. A változószám csökkentésére alkalmaztam a főkomponens-elemzést és az így kapott főkomponensekkel végeztem el a vizsgált országok méretkategóriáinak klaszterelemzését. Ez az eljárás a dimenziócsökkentésnek köszönhetően megkönnyíti a

klaszterelemzés során a következtetések levonását, amennyiben jól értelmezhető főkomponenseket kaptunk.

3.2.5 Burkolófelület elemzés

A burkolófelület elemzés (Data Envelopment Analysis - DEA) lineáris programozáson alapuló nem paraméteres elemzés, ami a technikai hatékonyság vállalati szintű elemzésére alkalmas módszer.

A DEA módszer matematikai háttére igen változatos. Az alkalmazható lineáris programozási formulák nagyban függenek a felhasználók érdekeitől, a vizsgált szervezet jellemzőitől és a döntéshozók céljaitól (TIBENSZKYNÉ, 2008).

Mivel a DEA elemzés Coelli T. J. által fejlesztett DEAP Version 2.1 programmal készült, ezért az általam számított output orientált VRS DEA módszer lineáris programozási formuláját COELLI et al. (2005) munkája alapján mutatom be. Az output orientált VRS modell formulája a következőképpen alakul:

$$\text{korlátozó feltétel: } \begin{cases} \max_{\phi, \lambda} \phi, \\ -\phi q_i + Q\lambda \geq 0, \\ x_i - X\lambda \geq 0, \\ I1'\lambda = 1, \\ \lambda \geq 0, \end{cases} \quad (11)$$

ahol $1 \leq \phi < \infty$, és

$\phi-1$ az outputok százalékos növekedését jelenti, amit az i -edik üzem képes elérni az inputok mennyiségének változatlanlansága mellett. Az $1/\phi$ határozza meg a technikai hatékonysági értéket, ami nulla és egy között változhat. A modellben λ jelenti a gazdaságok vektorsúlyait, melyek csak nullától nagyobb értéket vehetnek fel. A lineáris programozási feladatot minden egyes üzemre el kell végezni, ami a mintában szerepel, így minden üzemnek megkapjuk a hatékonysági értékét. A leghatékonyabb üzemek határozzák meg a hatékonysági görbét, melytől vett távolságok átlaga adja az üzemek technikai hatékonyságát.

A (11) modell valamennyi output együttes növelésének mértékét határozza meg, tehát minden outputot azonos arányban kell növelni. Előfordulhat azonban, hogy bizonyos inputok csökkenthetők a többi inputtól függetlenül is úgy, hogy az üzem hatékony maradjon. Hasonlóan elképzelhető, hogy bizonyos outputok növelhetők a többi outputtól függetlenül is, úgy, hogy az üzem hatékony maradjon. A lehetséges input csökkentési és output növelési lehetőségeket az input felesleg és az output hiány vektorváltozók bevezetésével határozhatjuk meg. Az input csökkentési és output növelési lehetőségeket meghatározó lineáris programozási modellt slack (tartalék) modellnek hívják. Egy üzem akkor tekinthető hatékonyknak, ha ez a tartalék érték olyan pontba transzformálja a termelést, ahol a slack értéke nulla. A lineáris programozási slack modell (a számítás II. fázisa) a következő:

$$\text{korlátozó feltétel: } \begin{cases} \min_{\lambda, OS, IS} -(M1'OS + N1'IS), \\ -q_i + Q\lambda - OS = 0, \\ \theta x_i - X\lambda - IS = 0, \\ \lambda \geq 0, OS \geq 0, IS \geq 0 \end{cases} \quad (12)$$

ahol OS egy $M \times 1$ output slack vektor, IS egy $N \times 1$ input slack vektor, illetve $M1$ és $N1$ egy $M \times 1$ és $N \times 1$ vektorok. A számításnak ebben a fázisában θ nem egy változót jelöl, értéke a számítás első fázisából származik. A számításnak ezt a II. fázisát minden I üzemre meg kell oldani.

A (12) modell meghatározza az input felesleg és output hiány összegének maximális értékét. Output orientált modell esetén minden outputot θ mértékkel növelni kell, majd ezt követően minden egyes output egymástól függetlenül is növelhető OS mértékkel és minden egyes input IS mértékkel tovább csökkenthető.

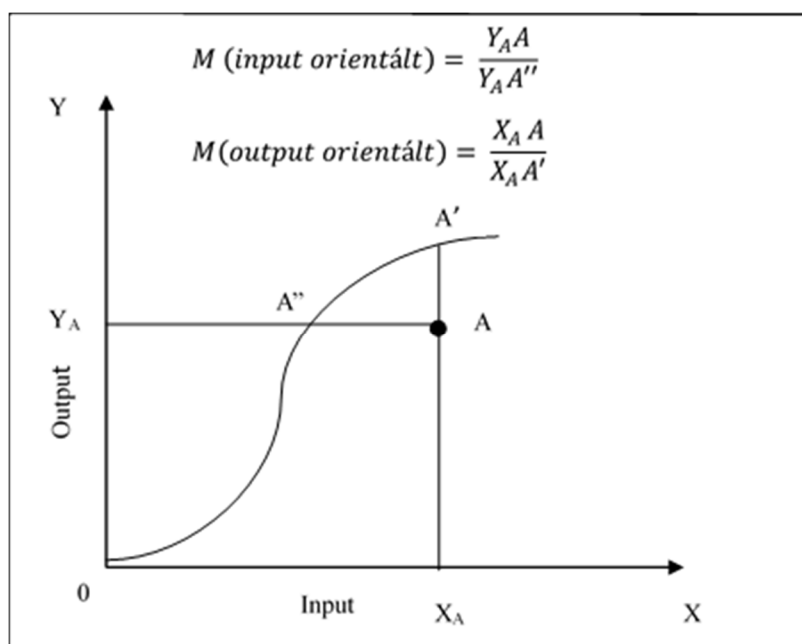
A relatív hatékonyságvizsgálat végrehajtásakor tehát először a (11) modellt, majd ezt követően, a kapott θ érték felhasználásával a (12) modellt kell megoldani.

A DEA elemzést a szántóföldi növénytermelés hatékonyságának meghatározására és a hatékonysági tartalékok feltárása alkalmaztam.

3.2.6 Malmquist index

A Malmquist termelékenységi mutatót először MALMQUIST (1953) mutatta be, amit több szerző is tanulmányozott és továbbfejlesztett, többek között például (FARRELL, 1957), (FØRSAND – HJALMARSSON, 1978), (CAVES et al., 1982), (FÄRE et al., 1994) és (COELLI et al., 2005). Kiszámításához ár, költség és bevétel adatok nem szükségesek (LATRUFFE, 2010).

A DEA alapú Malmquist termelékenységi index technikai hatékonyságváltozásra és technológiai hatékonyságváltozásra bontását NISHIMIZU – PAGE (1982) és FÄRE et al. (1992) javasolta. A Malmquist index a hatékonyságot (hatékonysági tartalékot) a DEA módszerrel előállított határfüggvénytől való távolsággal méri. A Malmquist index alkalmas országok, régiók, vállalatok és más döntési egységek hatékonyságának összehasonlítására egy adott output/input vektor és a vizsgált mintában leghatékonyabbnak ítélt egység output/input aránya közötti távolság mérése alapján. A termelési függvény értékeit minden inputszinthez a mintában szereplő egységek közül a legjobb teljesítményűek kibocsátási adatai adják. Az index a vizsgált egység hatékonyságát relatív módon méri a legjobb teljesítményt elérő referencia csoporthoz képest (FARKASNÉ FEKETE et al., 2008). Az index lehet output, vagy input-orientált. A DEA módszer értelmezését és az input/output-orientáció különbségét mutatja a 15. ábra.



15. ábra: Az input és output orientált Malmquist index értelmezése

Forrás: FARKASNÉ FEKETE et al., 2009. 104 p. alapján saját szerkesztés

Az input orientált politika az output változatlan tartása mellett az input megváltoztatásával kívánja növelni a hatékonyságot. Az output orientált politika pedig az input változatlan tartása mellett próbálja növelni az outputot. A két szemlélet nem befolyásolja a határfüggvényt, mert adott technikai szinten a legjobb teljesítményt nyújtók ugyanazok a döntési egységek (üzemek) maradnak.

Az output-orientált Malmquist index teljes tényezőhatékonysága (TFP) a következőképpen számítható ki (COELLI et al., 2005):

$$m_o^{t+1} = \left[\frac{d_o^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_o^t(x_t, y_t)} \times \frac{d_o^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_o^{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{1/2} \quad (13)$$

Az index az adatokat két különböző időpontban (t és t+1) hasonlítja össze, a t időszakhoz tartozó technológiai szinten (FÄRE – GROSSKOPF, 1998). A mértani átlag használatának oka, hogy a referencia technológia éppúgy lehet a t, mint a t+1 évi technológia.

Az index felbontható a technológiai hatékonyságváltozás (TC) és a technikai hatékonyságváltozás (TEC) mutatókra. A technikai hatékonyságváltozás tovább bontható a skálahatékonyság-változás (SC) és a tiszta technikai hatékonyságváltozás (PU) mutatókra.

$$m_o^{t+1} = \frac{d_o^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_o^t(x_t, y_t)} \times \left[\frac{d_o^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_o^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})} \times \frac{d_o^t(x_t, y_t)}{d_o^{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{1/2} \quad (14)$$

$$TFP = TC \times (SC \times PU) \quad (15)$$

Ha az index értéke nagyobb, mint egy, akkor a hatékonyság javult a két időszak között, ha kisebb, mint egy, akkor romlott.

A technológiai hatékonyság a termelési függvény eltolódását, vagy is az élvonalbeli döntési egységek teljesítményének változását méri, míg a technikai hatékonyság a legjobb teljesítménytől való lemaradást mutatja. A technikai hatékonyság felbontható skálahatékonyságra és tiszta technikai hatékonyságra. A skálahatékonyság a termelés méretének változásából adódó hatékonyságváltozást jelenti. A tiszta technikai hatékonyság mutató mutatja az eddig nem számszerűsített, egyéb okokból bekövetkezett hatékonyságváltozást, mint például a menedzsment felkészületlenségéből adódó lemaradást, vagy a termelési tényezők optimálistól eltérő felhasználását.

A DEA alapú hatékonyságvizsgálat lineáris programozással a következőképpen valósítható meg:

$$\text{korlátozó feltételek: } \begin{cases} [d_o^t(q_t, x_t)]^{-1} = \max_{\phi, \lambda} \phi, \\ -\phi q_{it} + Q_t \lambda \geq 0, \\ x_{it} - X_t \lambda \geq 0, \\ \lambda \geq 0, \end{cases} \quad (16)$$

$$\text{korlátozó feltételek: } \begin{cases} [d_o^s(q_s, x_s)]^{-1} = \max_{\phi, \lambda} \phi, \\ -\phi q_{is} + Q_s \lambda \geq 0, \\ x_{is} - X_s \lambda \geq 0, \\ \lambda \geq 0, \end{cases} \quad (17)$$

$$\text{korlátozó feltételek: } \begin{cases} [d_o^t(q_s, x_t)]^{-1} = \max_{\phi, \lambda} \phi, \\ -\Phi q_{is} + Q_t \lambda \geq 0, \\ x_{is} - X_t \lambda \geq 0, \\ \lambda \geq 0, \end{cases} \quad (18)$$

$$\text{korlátozó feltételek: } \begin{cases} [d_o^s(q_t, x_t)]^{-1} = \max_{\phi, \lambda} \phi, \\ -\Phi q_{it} + Q_s \lambda \geq 0, \\ x_{it} - X_s \lambda \geq 0, \\ \lambda \geq 0, \end{cases} \quad (19)$$

ahol i egy N számú gazdaságot tartalmazó mintából az i -edik gazdaságot jelenti. Q_t egy $M \times N$ formájú mátrix, ami az összes üzemre vonatkozó t időszak output vektorát tartalmazza. X_t egy $K \times N$ formájú mátrix, ami az összes üzemre vonatkozó t időszak input vektorát jelenti. λ egy $N \times 1$ formájú súlyozási vektor, ϕ egy skalár. Ezt a négy lineáris programozási feladatot kell megoldani minden gazdaságra és minden évre.

A Malmquist index segítségével vizsgáltam a magyarországi szántóföldi növénytermelő üzemek teljes tényező termelékenységének alakulását a vizsgált időszakban. A háromtagú mozgóátlagolással simított trendből összetett éves növekedési ráta segítségével számítottam ki a szántóföldi növénytermelés teljes tényező termelékenységének változását méretkategóriánként és összesen.

4 A KUTATÁS EREDMÉNYEI

4.1 A vizsgált országok bioüzemanyag termelésének és szántóföldi növénytermelésének elemzése

4.1.1 A vizsgált országok bioüzemanyag termelésének elemzése és előrejelzése

Az EUROSTAT adatbázisa szerint az európai bioüzemanyag termelés több mint felét a 14. táblázatban szereplő országok állították elő 2004 és 2015 között.

14. táblázat: A legtöbb bioüzemanyagot előállító országok rangsora Európában⁴

Sorrend	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1.	DE	DE	DE	DE	DE	DE	DE	DE	DE	DE	DE	DE
2.	FR	FR	FR	FR	FR	FR	FR	FR	FR	FR	FR	FR
3.	IT	ES	SE	SE	IT	ES	ES	ES	NL	NL	NL	NL

Forrás: EUROSTAT adatok alapján saját szerkesztés

A 3. melléklet adatai alapján látható, hogy Európában a vizsgált időszak minden évében Németország termelte a legtöbb bioüzemanyagot és Franciaország a második legtöbbet. A harmadik legtöbb bioüzemanyagot előállító országok rangsora már változatos képet mutat. A vizsgált időszak első felében Olaszország és Svédország két-két évben volt harmadik a termelésben, a vizsgált időszak második felében pedig Spanyolország és Hollandia termelte a harmadik legtöbb bioüzemanyagot Európában.

A 2009. évi RED irányelv azonban nem a bioüzemanyag előállítására, hanem a felhasználásra ír elő kötelezően teljesítendő célkitűzéseket. Az egyes országok a megújuló energia hasznosítási cselekvési terveikben rögzítették a közlekedési ágazatban 2020 évig felhasználandó bioüzemanyagok százalékos mennyiségét. A két évente készített előrehaladási jelentések szerint a bioüzemanyagok felhasználásának növekedése az egyes országokban csak lassú ütemben halad. A 2017. évi összesített előrehaladási jelentés szerint az ütemterv-előirányzatot uniós szinten egyedül a közlekedési ágazat nem teljesítette a megújuló energia felhasználásban. A 2015. évi teljesítés a többszörös beszámítást alkalmazva is csak 6% volt (EC, 2017) a tervezett 6,8%-kal (BEURSKENS – HEKKENBERG, 2011) szemben. Ennek oka a Bizottság 2017. évi előrehaladási jelentése (EC, 2017) szerint számos nehézségben keresendő, mint például a magas ÜHG mérséklési költségek és olyan szabályozási bizonytalanságok, mint például a közvetett földhasználat változás hatása és az élelmiszer alapanyagok energetikai célokra való felhasználásának kérdése.

Az Európai Unióban jellemzően biodízel használnak fel közlekedési célokra, ami 2015-ben a bioüzemanyagok teljes felhasználásának 74,69%-át tette ki (EUROSTAT, 2016). A biodízel felhasználása 2015. évben nem érte el az NREAP-ben előírányzott 14,40 Mtoe-et. A tényleges biodízel felhasználás 11,56 Mtoe volt. A biodízel fő fogyasztói Európában Franciaország, Németország és Olaszország.

A közlekedési ágazatban a második legnagyobb mértékben felhasznált bioüzemanyag a bioetanol, ami a felhasznált bioüzemanyagok 17,62%-át, 2,73 Mtoe-et tett ki 2015. évben (EUROSTAT,

⁴ Rövidítések: DE – Németország, ES – Spanyolország, FR – Franciaország, IT – Olaszország, NL – Hollandia, SE – Svédország,

2016). A felhasználás jelentősen elmaradt az energiasztratégiában meghatározott 2015. évi tervezett 4,90 Mtoe felhasználástól. A bioetanol fő fogyasztói az Európai Unióban Németország, Spanyolország, Svédország és Hollandia.

15. táblázat: A közlekedési ágazatban felhasznált megújuló energia mennyisége és a 2020. évi célkitűzések a vizsgált országokban (%)

Országok	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2015 cél	2020 cél
DE	2,2	4,0	6,8	7,5	6,4	5,9	6,4	6,5	7,5	6,9	7,2	6,6	7,00	13,20
ES	1,0	1,3	0,8	1,4	2,2	3,7	5,0	0,6	0,7	0,8	0,8	1,2	9,30	13,60
FR	1,5	2,1	2,3	4,0	6,2	6,6	6,5	1,0	7,6	7,7	8,4	8,5	7,70	10,50
HU	0,9	0,9	1,1	1,5	5,1	5,7	6,0	6,0	5,9	6,2	6,9	7,0	5,40	10,00
IT	1,2	1,0	1,0	1,0	2,6	3,9	4,8	5,0	6,0	5,4	5,0	6,4	6,63	10,14
NL	0,5	0,4	0,8	3,1	2,9	4,5	3,3	4,8	4,9	5,1	6,2	5,3	6,00	10,30
SE	6,3	6,2	7,1	8,0	8,3	8,9	9,2	11,6	14,8	19,2	21,1	24,0	10,70	13,80

Forrás: (EUROSTAT, 2017a), (NREAP-DE, 2010), (NREAP-ES, 2010), (NREAP-FR, 2009), (NREAP-HU, 2010), (NREAP-IT, 2010), (NREAP-NL, 2010) és (NREAP-SE, 2009)

A 15. táblázat a vizsgált országok közlekedési ágazatban felhasznált megújuló energiájának százalékos mennyiségét mutatja, valamint a 2015. és 2020. évi tervezett mennyiségeket. Németország, Spanyolország, Olaszország és Hollandia nem tudta teljesíteni az időarányosan vállalt kötelezettségét. A legnagyobb lemaradás Spanyolország esetében figyelhető meg. 2015. évi vállalásának csupán a 18,28%-át sikerült teljesítenie. Magyarország 2015. évben több mint 14%-kal meghaladta a közlekedési ágazatban vállalt megújuló energia felhasználását. Svédország pedig már 2011. évben teljesítette a közlekedésben 2020. évre vállalt kötelezettségét. A legtöbb országnak még jelentős lépéseket kell tennie a bioüzemanyag felhasználásban ahhoz, hogy a célszámokat 2020-ra teljesíteni tudja.

Egyes országok sokkal több bioüzemanyagot termeltek meg az egyes években, mint amit felhasználtak. A többletet más országok számára értékesítették. A termelés és felhasználás egyenlegét mutatja a 16. táblázat.

16. táblázat: A bioüzemanyag termelés és felhasználás egyenlege (ktoe)

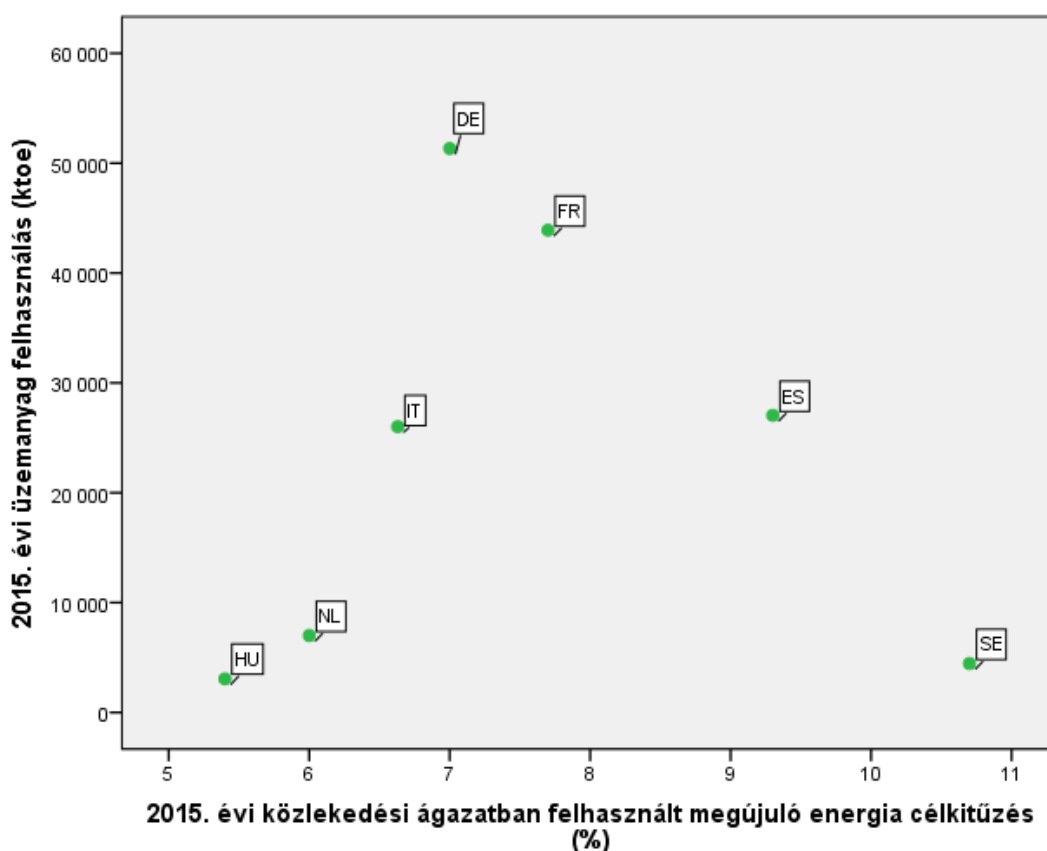
Országok	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
DE	-46,3	-359,0	-541,0	-399,9	-265,6	-201,4	141,3	155,3	-165,5	282,2	611,6	531,8
ES	0,0	0,0	0,0	-4,4	-236,7	-186,1	-412,9	-877,6	-1 489,8	-31,4	349,4	254,9
FR	60,7	53,5	-34,6	-303,5	-235,3	-139,3	-154,4	-361,6	-291,5	-230,3	-341,9	-396,6
HU	0,0	0,0	0,0	-11,7	-2,7	-14,8	-31,5	-17,4	139,5	146,4	130,3	203,7
IT	0,0	0,0	0,0	0,0	-113,1	-624,3	-1 148,3	-1 291,6	-1 599,7	-1 429,5	-1 297,0	-1 425,6
NL	-77,0	-270,6	-306,3	-338,0	-388,6	-142,0	170,5	125,3	634,3	1 103,2	1 186,8	1 125,8
SE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-313,0	-608,6	-818,0

Forrás: EUROSTAT adatok alapján saját számítás

Németország, Spanyolország, Magyarország és Hollandia esetében figyelhető meg a többlet bioüzemanyag gyártása. 2013. évtől Hollandia jelentős mennyiségű többletet termelt, Olaszország viszont saját termelés helyett importból fedezte felhasználását, így a megtermelt szántóföldi növényeket nem használta fel energetikai célokra. Svédországban az EUROSTAT adatai szerint 2012-ig pontosan annyi bioüzemanyagot állítottak elő, amint amennyit felhasználtak, majd 2013-tól már import energiát is igénybe vettek a nagyarányú energiafelhasználás kielégítéséhez. Annak ellenére, hogy Spanyolország jelentősen elmaradt az energiasztratégiájában vállalt felhasználási kötelezettségétől, 2014 és 2015 évben nem használta fel az általa megtermelt bioüzemanyagot, hanem más országok számára értékesítette azt.

Azokban az országokban, melyekben magasabb a bioüzemanyag előállítás, mint a felhasználás, vélhetően magasabb a környezet terhelése is, mert az előállított bioüzemanyag nem az adott országban kerül felhasználásra, hanem egy másikban, így az ÜHG megtakarítás is máshol jelentkezik.

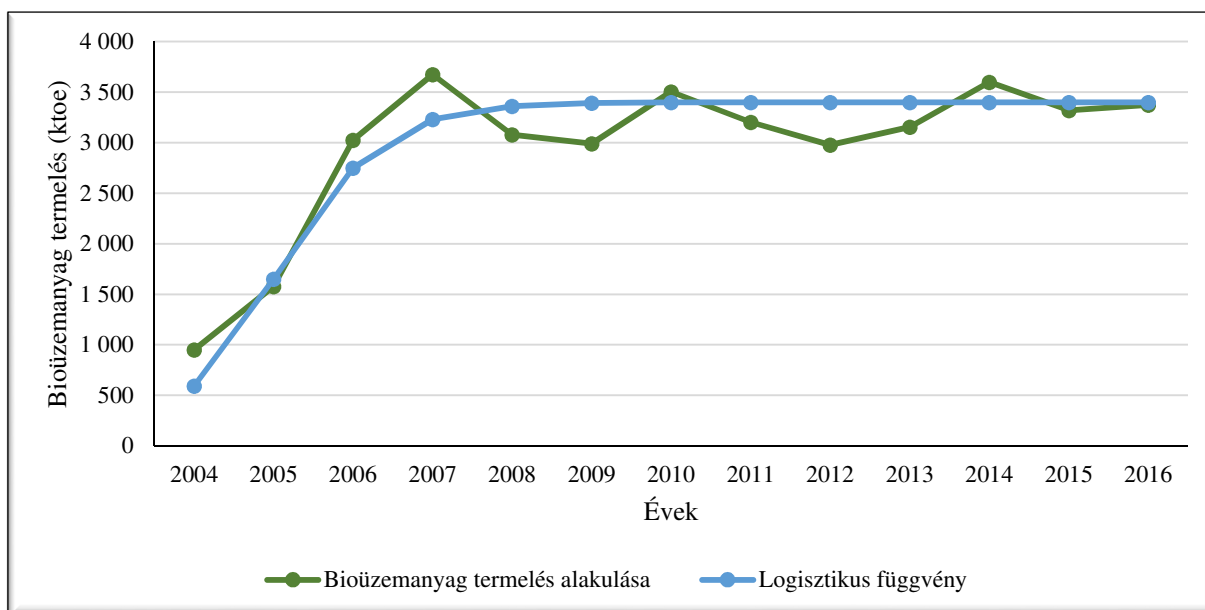
A 2015. évre a közlekedési ágazatban vállalt megújuló energia felhasználási kötelezettséget összehasonlítottam az egyes országokban 2015. évben felhasznált üzemanyag mennyiségével, hogy megvizsgáljam, mi motiválja az egyes országokat a bioüzemanyag termelésére (16. ábra). Svédország és Spanyolország esetében inkább a jogszabályi vállalás hat ösztönzőleg a bioüzemanyag termelésben, míg Németország és Franciaország esetében inkább a nagymennyiségű üzemanyag felhasználása befolyásolja a termelést. Azokban az országokban, ahol a fosszilis üzemanyag felhasználás alacsonyabb és a jogszabályi vállalás sem magas, ott a bioüzemanyag termelés növekedése várhatóan lassabb lesz a jövőben.



16. ábra: A bioüzemanyag előállítás jogszabályi vállalása és a felhasznált üzemanyag mennyisége a vizsgált országokban

Forrás: (EUROSTAT, 2018a), (NREAP-DE, 2010), (NREAP-ES, 2010), (NREAP-FR, 2009), (NREAP-HU, 2010), (NREAP-IT, 2010), (NREAP-NL, 2010) és (NREAP-SE, 2009)

A bioüzemanyagok termelésének növelése nem lehet korlátlan, hiszen csak az élelmezésen és takarmányozáson felüli készletek használhatók fel előállításra, ezért logisztikus trendszámítás segítségével megvizsgáltam, hogy a múltbéli adatok alapján várhatóan hogyan fog alakulni a bioüzemanyagok termelése a vizsgált országokban.



17. ábra: Németország folyékony bioüzemanyag termelésének trendje (ktoe)

Forrás: EUROSTAT adatok alapján saját számítás, SPSS

Németországban az első biodizelt előállító próbaüzemet 1991-ben indították el és megkezdték az új üzemanyag autókban való tesztelését is. Kereskedelmi mennyiségben 1995 óta gyártanak biodizelt. A 2000-es években több új biodizel-üzem kezdte meg működését az országban, ennek ellenére a biodizel-felhasználás mintegy 20%-át importból fedezték, ami Franciaországból, Ausztriából, Dániából és Csehországból érkezett (HINGYI et al., 2006).

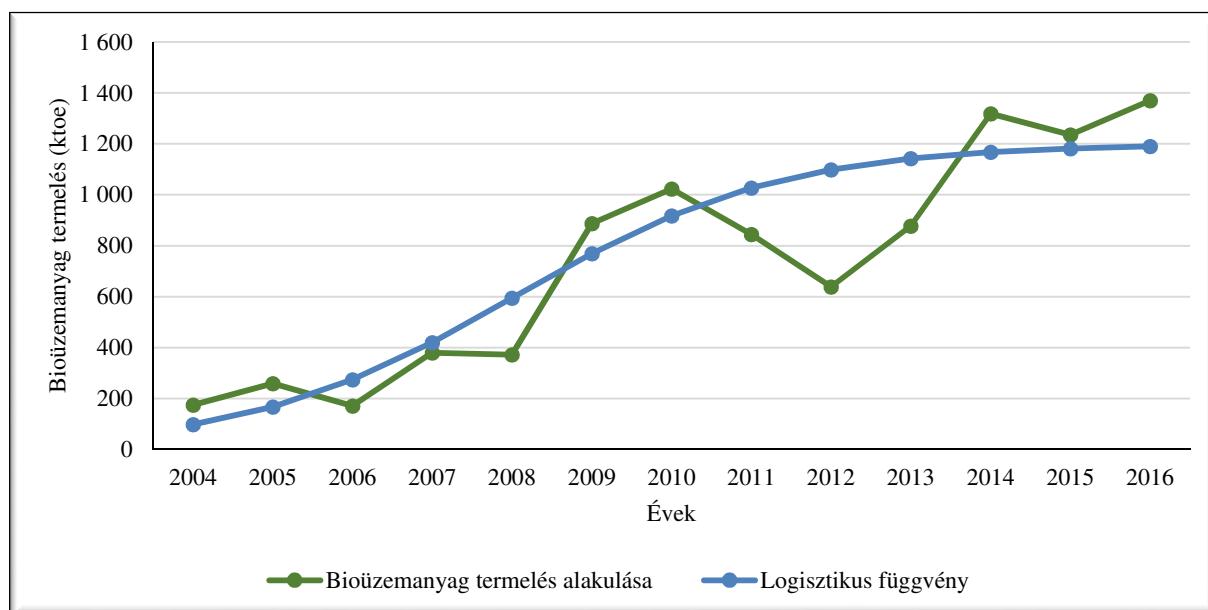
A vizsgált időszak elején Németországban volt a legmagasabb a bioüzemanyag termelés, ami 2007. évre több mint háromszorosára növekedett (17. ábra). 2008. évtől csak kisebb ingadozások figyelhetők meg a termelésben. Az ország bioüzemanyag termelésének több mint 80%-át a biodizeltermelés teszi ki, melynek fő alapanyaga a repceolaj. 2013-ban körülbelül 1,7 millió tonna, 2014-ben körülbelül 2,4 millió tonna repcét használtak fel energetikai célokra, amit 550-650 ezer ha területen termeltek meg. A repceolajon kívül pálmaolajat és szójaolajat is felhasználtak biodizel előállítására. A bioetanolt nagyrészt cukorrépából, valamint gabonából állították elő körülbelül 180-200 ezer ha területen. Az energetikai célra felhasznált földterület a szántóterület 14-16%-át tette ki (PROGRESS REPORT GERMANY, 2015).

Németországban az EUROSTAT adatai szerint a megújuló energiaforrások felhasználása a közlekedésben, a végső energiafelhasználás %-ában 2015-ben 6,6%, 2016-ban 6,9% volt (EUROSTAT, 2018). Az országnak még jelentősen növelnie kellene a bioüzemanyagok felhasználását a közlekedési ágazatban ahhoz, hogy 2020-ra elérje a 13,20%-os részarányt.

A trendszámítás szerint Németországban a bioüzemanyag termelése 2020. évig jelentősen már nem fog növekedni, ami az Európai Bizottság élelmiszer- és takarmánynövényekből előállított bioüzemanyagok 2015. évi 7%-os korlátozásának is köszönhető. A függvényillesztés pontosságát korrelációs együttható segítségével ellenőriztem, melynek értéke Németország esetében ($r^2 = 94,60\%$) igen szoros kapcsolatot jelez a bioüzemanyag termelés és a trend között.

Az USDA 2017. évi Európai Unióra vonatkozó jelentése szerint Németországban a biodizel előállítás 2017. és 2018. évben kismértékben csökkenni fog, a bioetanol előállítás 1,6%-kal növekszik majd. Ez a növekedés főként a meglévő üzemek kapacitásának jobb kihasználásával lesz elérhető. Az üzemek jobb kihasználásával elérhető termelésnövekedés viszont feltehetően

nem lesz elegendő ahhoz, hogy Németország 2020-ra vállalt kötelezettségének saját előállításból eleget tudjon tenni.



18. ábra: Spanyolország folyékony bioüzemanyag termelésének trendje (ktOE)

Forrás: EUROSTAT adatok alapján saját számítás, SPSS

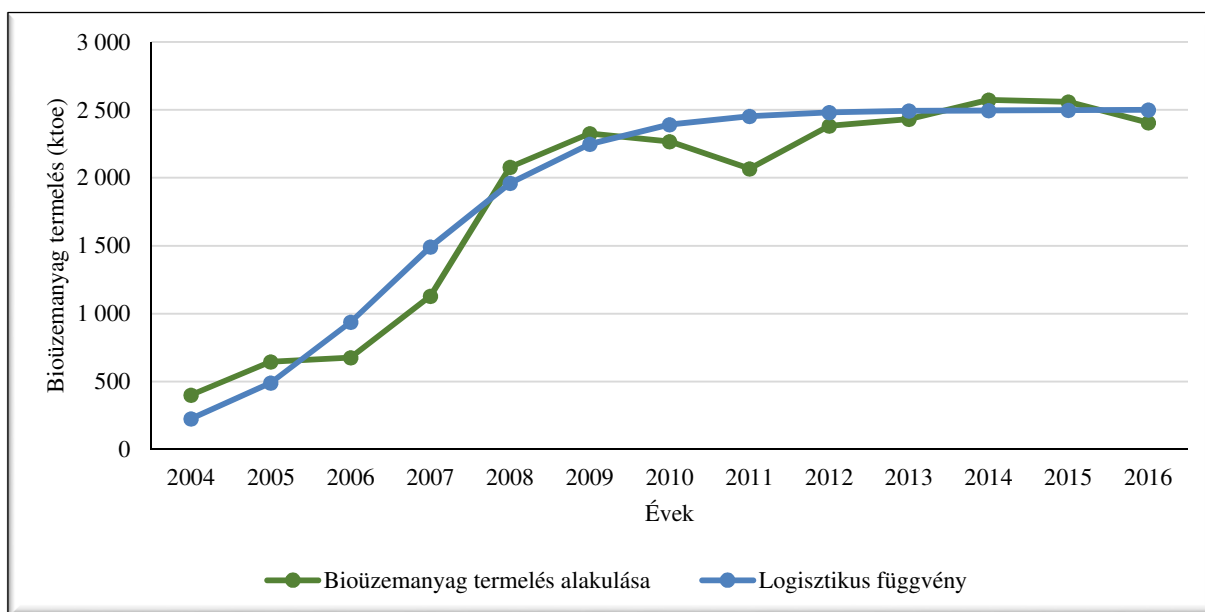
Spanyolországban 1995-ben hozták létre az első bioetanol üzemét. 2005. évig Spanyolország volt az Európai Unió legnagyobb bioetanol termelője. Biodízelt 2003 előtt nem is állítottak elő, mert az országban a gázolaj a benzinhez viszonyítva alacsonyabb adóban részesült (HINGYI et al., 2006). 2009-től az országban már több biodízelt állítottak elő, mint bioetanol.

Spanyolországban a bioüzemanyagok termelése 2010. évig növekvő tendenciát mutatott (18. ábra). 2010. évre a termelés meghaladta az 1.000 ktOE-et, majd az azt követő két évben a termelés csaknem a felére esett vissza, mert a spanyol kormány mérsékelte a biodízel kötelező bekeverési arányát. Az intézkedést az ország pénzügyi nehézségei indokolták, továbbá az, hogy az Argentínából és Indonéziából nagy mennyiségben importált biodízellel a spanyol biodízelüzemek nem tudtak versenyezni (STUMMER, 2014). 2013. évtől a bioüzemanyag termelése ismét növekedésnek indult az országban. 2015. évben a megtermelt bioüzemanyag mennyisége csupán a Németországi termelés felét tette ki. Spanyolország bioüzemanyag termelésének több mint 80%-át az Európai Unión kívülről vásárolt alapanyagból állította elő. A fennmaradó rész felét az EU-n belülről importálta, másik részét saját termeléséből fedezte (PROGRESS REPORT SPAIN, 2016).

A közlekedésben felhasznált megújuló energiaforrások mennyisége a végső energiafelhasználásban 2015-ben csupán 1,2%, 2016-ban már 5,3% volt Spanyolországban (EUROSTAT, 2018). Az országban jelentősen növelni kellene a közlekedési ágazatban a megújuló energia részarányát ahhoz, hogy 2020-ra vállalt kötelezettségét teljesíteni tudja.

A termelési adatok alapján készített trendszámítás szerint Spanyolországban a bioüzemanyag termelés várhatóan csökkenni fog ($r^2 = 89,56\%$). Az USDA 2017. évi jelentése szerint Spanyolországban a biodízelgyártás kapacitásának körülbelül 20%-os tervezett bővítése várható 2018-ban. Az országban a bioetanol előállítás 2016-ban előző évhez képest 36%-kal csökkent, mert az ország legnagyobb bioetanol üzeme tőkehiány miatt 2016 áprilisában átmenetileg leállította a termelését. Az üzemet júliusban újra nyitották, ennek ellenére 2018-ra további 15%-os csökkenést prognosztizáltak a termelésben. A biodízelgyártás 20%-os tervezett növelése

várhatóan nem lesz elegendő ahhoz, hogy az ország 2020-ra saját előállításból elérje a közlekedési ágazatban tervezett 13,60%-os célkitűzését.



19. ábra: Franciaország folyékony bioüzemanyag termelésének trendje (ktoe)

Forrás: EUROSTAT adatok alapján saját számítás, SPSS

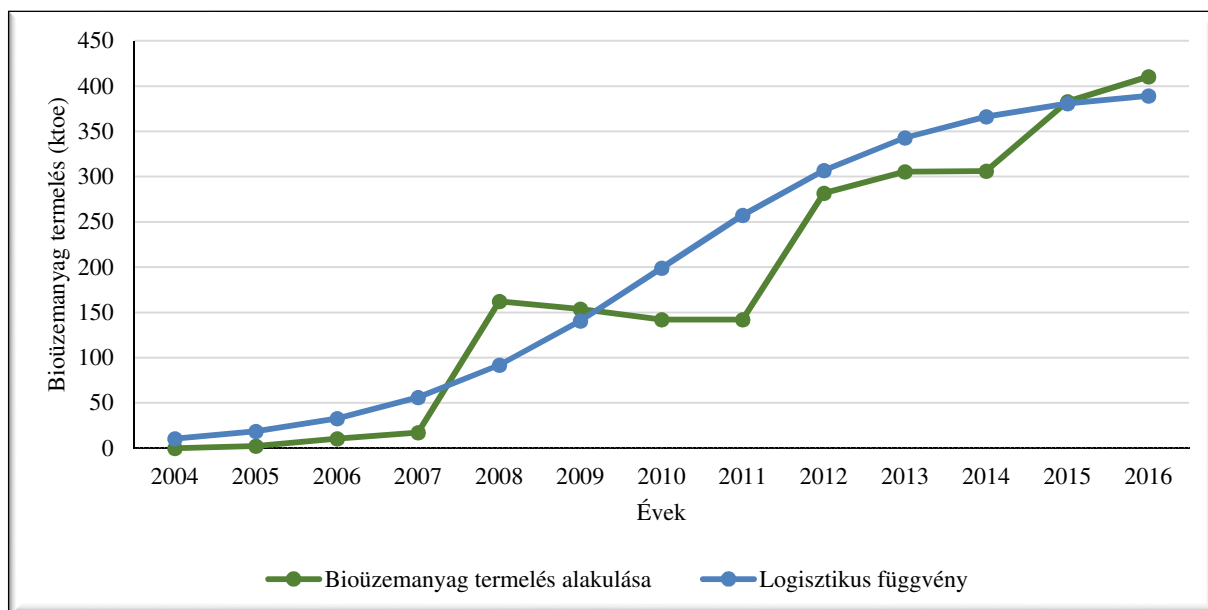
Franciaországban a bioüzemanyagok termelése és felhasználása az 1990-es évek elején indult meg. Napjainkban Franciaország az európai piac egyik legfontosabb szereplője mind a bioetanol, mind pedig a biodízel-előállítás területén. Franciaországban a mezőgazdaság fontos nemzetgazdasági ág és igen jól szervezett. A gabonaágazatban működő mezőgazdasági szervezeteknek jelentős hatásuk van a bioetanolra érintő kormányzati döntésekre (HINGYI et al., 2006).

Franciaországban 2009. évi folyamatosan növekedett a bioüzemanyag termelés, majd a 2010. és 2011. évi enyhe csökkenés után ismét lassú növekedésnek indult (19. ábra). Az európai országok közül Németország után ebben az országban termelték meg a legtöbb biodízelt, melyhez 898,2 ezer ha földterületet használtak fel. A bioetanol termelés alapanyagát 265 ezer ha területen termelték meg. Az energetikai célra felhasznált terület a teljes szántóterület 6,3%-át tette ki (PROGRESS REPORT FRANCE, 2015).

Az EUROSTAT adatbázisa szerint Franciaországban a közlekedésben felhasznált megújuló energia mennyisége 2015 évben 8,5%, 2016 évben 8,9% volt (EUROSTAT, 2018). Az országnak 2020-ra vállalt kötelezettségeinek teljesítéséhez még 1,6%-kal kell növelnie a megújuló energia részarányát a közlekedési ágazatban.

Franciaországban a bioüzemanyagok termelése a logisztikus függvény szerint elérte a telítődési szintet. A függvény inflexiós pontja 2007. évnél található, így a termelés 2007-től már csökkenő ütemben nőtt Franciaországban. A logisztikus függvény illeszkedése szoros kapcsolatot jelez ($r^2=97,37\%$) a két változó között. Az USDA előrejelzése szerint Franciaországban a biodízel termelése akár csökkenhet is az elkövetkező években, a bioetanol termelés viszont növekedhet, ha a tervek szerint 2018-ban egy hidrogénezett növényi olajat előállító üzem is megkezdheti működését az országban (USDA, 2017).

Franciaország 10,50%-os megújuló energia felhasználás vállalása a közlekedési ágazatban 2020-ra reálisnak mondható, de azt az ország nagyobb részben nem saját előállítással, hanem importált energia felhasználásával fogja tudni teljesíteni.



20. ábra: Magyarország folyékony bioüzemanyag termelésének trendje (ktoe)

Forrás: EUROSTAT adatok alapján saját számítás, SPSS

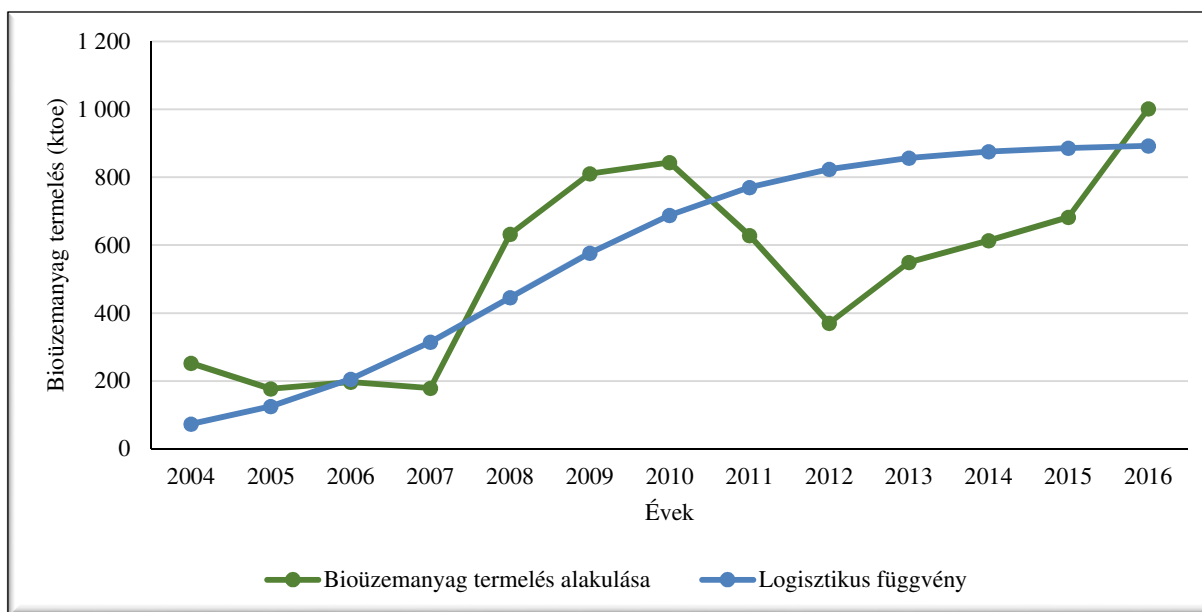
Magyarország a bioüzemanyag-forgalom élénkítése érdekében 2005. január 1-jétől adóvisszatérítés formájában jövedékiadó-mentességet vezetett be a bekevert biodízel és a bioetanol üzemanyagokra. Az új adózási szabályok bevezetése előtt Magyarországon kereskedelmi mennyiségben nem állítottak elő bioüzemanyagot. Az intézkedés célja az ipari méretű bioüzemanyag-termelő kapacitások létrehozása és a hagyományos üzemanyagokkal kevert bioüzemanyagok piacra történő bevezetése volt. A bioetanol előállítása 2005 második felében indult meg. A MOL Nyrt. 2005 januárjában nemzetközi tendert hirdetett 2005-ben 11 ezer, 2006-ban 47 ezer, 2007-ben 67 ezer, 2008-ban pedig 75 ezer tonna bioetanol beszerzésére. A 2005-ben Magyarországon termelt mintegy 10 ezer tonna bioetanolból 4 ezer tonnát használtak föl belföldön, a többi raktáron maradt, illetve Ausztriának és Szlovákiának értékesítették. A biodízel esetében az ösztönző hatás elmaradt, az adókedvezmény nem biztosította a biodízelgyártás versenyképességét (HINGYI et al., 2006).

Magyarországon 2008. évig a bioüzemanyag termelés igen kismértékű volt, majd 2015. évre a 2008. évi termeléshez képest több mint duplájára növekedett (20. ábra). A termelésben 2010. és 2011. évben figyelhető meg némi visszaesés. 2011-ig csak a Hungrana Kft. szabadegyházi gyára gyártott üzemanyagcélú etanolt, majd 2012 áprilisában a Pannonia Ethanol dunaföldvári gyárában is elindult a gyártás. A Pannonia Ethanol Zrt. dunaföldvári üzemével ma a legnagyobb etanolgyártó az EU-ban. Magyarországon komoly etanol termelői kapacitások vannak mind az alapanyag, mind a gyártás területén (MIZIK, 2018). Magyarországon a biodízel termeléséhez mintegy 1 millió tonna kukoricát és 380 ezer tonna repcét használtak fel 2014. és 2015. évben, amit körülbelül 300 ezer ha területen termeltek meg. Ez a teljes szántóterület 8-9%-át tette ki (PROGRESS REPORT HUNGARY, 2016).

A Megújuló energia hasznosítási cselekvési terve szerint Magyarország a közlekedési ágazatban 2015-re 5,4%, 2016-ra 5,8% megújuló energia részarány teljesítését vállalta. Az EUROSTAT adatbázisa szerint az országban a közlekedésben felhasznált megújuló energia mennyisége a végső

energiafelhasználásban 2015-ben 7,0%, 2016-ban 7,4% volt (EUROSTAT, 2018). Így Magyarország túlteljesítette vállalását.

A logisztikus trendfüggvény jól illeszkedik a termelési adatokhoz ($r^2 = 95,37\%$). Magyarországon a felhasználható alapanyag bőségesen rendelkezésre áll az első generációs bioüzemanyag gyártáshoz, ennek ellenére a jövőben az EU szabályozás miatt nem várható jelentősebb növekedés a gyártásban. POPP et al. (2018) szintén így vélekedik a magyarországi bioüzemanyag-gyártás jövőbeni alakulásáról. Az USDA 2017. évi jelentése szerint is a bioetanol előállítás mindössze 1% körüli értékkel fog növekedni 2018-ra. 2020-ra a közlekedési ágazatban felhasznált megújuló energia 10%-os megvalósításához a fejlett üzemanyagok növelésére lesz szükség az országban.



21. ábra: Olaszország folyékony bioüzemanyag termelésének trendje (ktOE)

Forrás: EUROSTAT adatok alapján saját számítás, SPSS

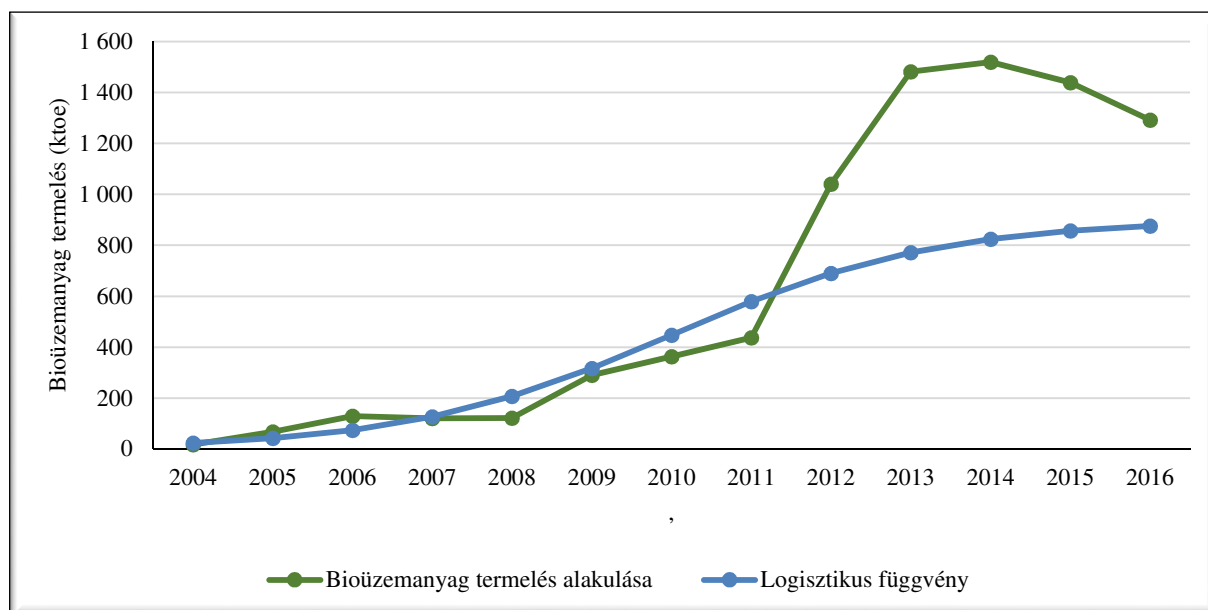
Olaszország 2004-ben és 2008-ban termelte meg Európában a harmadik legtöbb bioüzemanyagot. Az országra a biodízel termelése a jellemző. Bioetanolt 2005-től állítanak elő. Olaszországban a bioüzemanyag termelése 2007. évig csökkenő tendenciát mutat (21. ábra). 2008. és 2010. év között a termelés jelentősen megugrott, majd a következő két évben csaknem a felére esett vissza, melynek oka az USA-ból származó olcsó biodízel import volt. Az olasz előállítás így nem volt versenyképes, ezért több üzemet is be kellett zárni. A 2012. évi visszaesés után a bioüzemanyag termelése ismét növekedni kezdett.

Olaszországban a bioüzemanyagok előállítására termelt legfontosabb energianövények az olajos magvak, (különösen a repce, a napraforgó és a szója) azonban a nemzeti statisztikák nem pontosan rögzítik az energetikai és a nem energetikai felhasználás közötti elosztást. Az energianövényeket körülbelül 90 ezer ha területen termelték meg, ami a teljes megművelt területnek alig 1%-át tette ki (PROGRESS REPORT ITALY, 2015).

Olaszországban a közlekedésben felhasznált megújuló energiaforrások mennyisége a végső energiafelhasználás %-ában 2015-ben 6,4%, 2016-ban 7,2% volt az EUROSTAT adatai szerint (EUROSTAT, 2018). Az ország 2020-ra vállalat kötelezettsége 10,14%, melynek eléréséhez még jelentősen növelni kell a megújuló energia részarányát a közlekedésben.

A trendfüggvény illeszkedése a termelés idősorára közepesnek mondható ($r^2 = 72,37\%$). Mivel Olaszország eddig is főleg importált bioüzemanyagot használt fel nagyobb arányban, ezért a

jövőben sem várható, hogy jelentősebb mértékben növekedne a bioüzemanyag termelés, annak ellenére, hogy az ország biodízel kapacitása ezt lehetővé tenné (USDA, 2017). A közlekedési ágazatban 2020. évre célként kitűzött 10,14%-os megújuló energia felhasználás így csak importált bioüzemanyag felhasználásával oldható meg az országban.



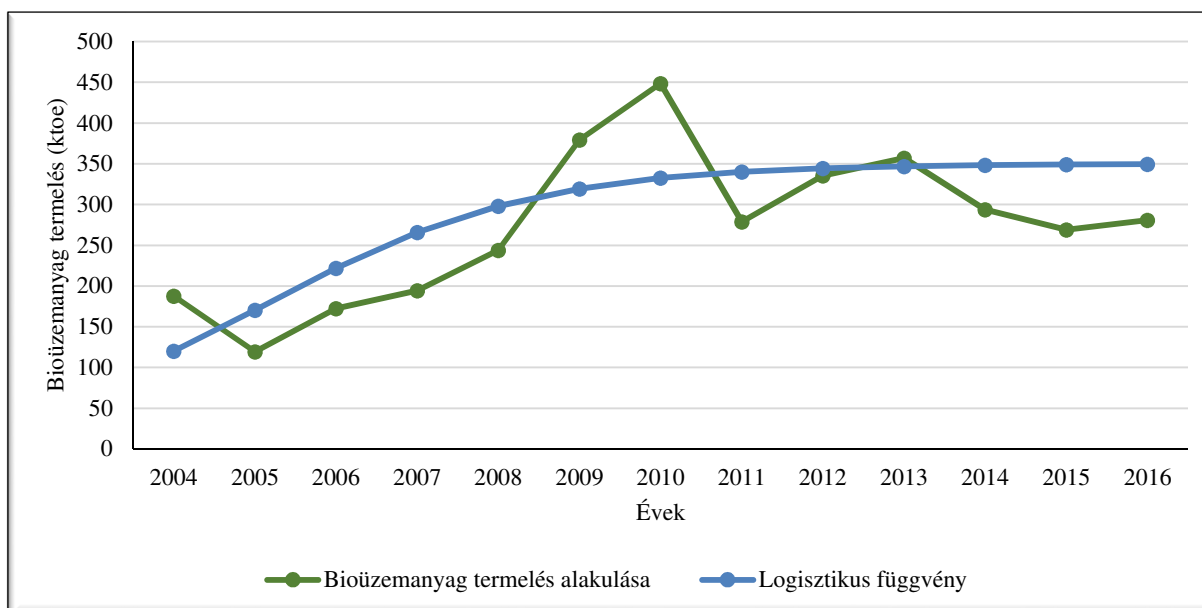
22. ábra: Hollandia folyékony bioüzemanyag termelésének trendje (ktOE)

Forrás: EUROSTAT adatok alapján saját számítás, SPSS

Hollandiában a bioüzemanyag termelés 2008. évig csak lassú ütemben növekedett, majd 2009-től évről-évre jelentős termelésnövekedés volt megfigyelhető (22. ábra). 2012-től Európában Hollandia állította elő a harmadik legtöbb bioüzemanyagot. 2014. évben a bioüzemanyag előállítás meghaladta az 1.500 ktOE értéket. 2015. évben kisebb mértékű csökkenés következett be a termelésben. A vizsgált időszakban a bioüzemanyag előállítást csaknem teljes egészében a biodízel termelése tette ki. Az előállított biodízel nagyrészt más európai uniós országokból vásárolt repceből és kukoricából került előállításra, mivel az ország területi adottságai miatt saját termelésből ezt nem képes megvalósítani. A repce legnagyobb szállítója 2014-ben Németország (53%) és Románia (13%), a kukorica legnagyobb szállítója Ukrajna (39%) és Franciaország (24%) volt (PROGRESS REPORT NETHERLAND, 2015).

Hollandiában a közlekedési ágazatban felhasznált megújuló energia felhasználása a végső energiafelhasználás %-ában 2015-ben 5,3%, 2016-ban ennél kevesebb, 4,6% volt (EUROSTAT, 2018). 2020-ra vállalt 10,30%-os megújuló energia részarány teljesítéséhez meg kell dupláznia a megújuló energia felhasználását a közlekedési ágazatban.

Hollandia esetében a bioüzemanyag termelés és a trendfüggvény közötti kapcsolat ($r^2 = 94,42\%$) szoros. A logisztikus trendfüggvény becslése alapján arra következtethetünk, hogy Hollandiában az első generációs bioüzemanyag előállítása a jövőben csökkenni fog. Az USDA 2017. évi előrejelzett adatai is ezt igazolják. Az országban eddig is nagyrészt importált alapanyagokból gyártották a bioüzemanyagot, mert az országban a kertészeti magas aránya miatt az élelmiszer alapú bioüzemanyag termelése nem nyereséges. Magas azonban az állati zsírokból és a használt étolajból készített második generációs bioüzemanyagok előállításának aránya (HASSELT, 2013). Így vélhetően a jövőben is inkább a második generációs bioüzemanyag termelése fog növekedni az országban.



23. ábra: Svédország folyékony bioüzemanyag termelésének trendje (ktoe)

Forrás: EUROSTAT adatok alapján saját számítás, SPSS

Svédországban az 1980-as évek közepén kormányzati segítséggel mezőgazdasági termelők hozták létre az első kísérleti bioetanol-üzemet. Az üzem búzát alakított át etanollá, amit a svéd nemzeti olajvállalat forgalmazott Stockholmban, alacsony arányban a benzinhez keverve. Az 1990-es években a mezőgazdasági eredetű termékek közlekedésben való felhasználásának lehetősége és a környezetvédelmi megfontolások következtében született meg az a politikai szándék, hogy támogassák a gabonafélékből a bioetanol termelését. Az 1990-es években a bioetanol felhasználása szerény mértékben növekedett (HINGYI et al., 2006).

Svédország élelmiszer alapú bioüzemanyag termelése növekedett a leglassabb ütemben a vizsgált országok közül (23. ábra). Svédországban nagyobb arányban állítanak elő megújuló települési hulladékból energiát, mint élelmiszer alapanyagokból és jelentős mennyiségű olcsó import bioüzemanyagot is felhasználnak. Az import főként Brazíliából és más dél-amerikai országokból, valamint Franciaországból, Spanyolországból és Olaszországból származott. A hazai termelési kapacitás egyrészt nem elégséges az igények kielégítésére, másrészt a külföldi – elsősorban a cukornádból előállított brazil – bioetanol jóval olcsóbb. A vizsgált időszak elején az etanol termelése volt jellemzőbb az országban, majd 2011. évtől a biodízeltermelés. A bioüzemanyagok előállítására felhasznált földterület nagysága Svédországban elenyésző. Ha feltételezzük, hogy az összes nyersanyagot belföldön állítják elő, akkor körülbelül 205 ezer ha területre lenne szükség a termeléshez. Azonban a valós belföldi termelés csupán 40 ezer ha területen történik, ami a teljes mezőgazdasági terület 3,5%-át teszi ki. A termeléshez felhasznált többi alapanyagot importból fedezték (PROGRESS REPORT SWEDEN, 2015).

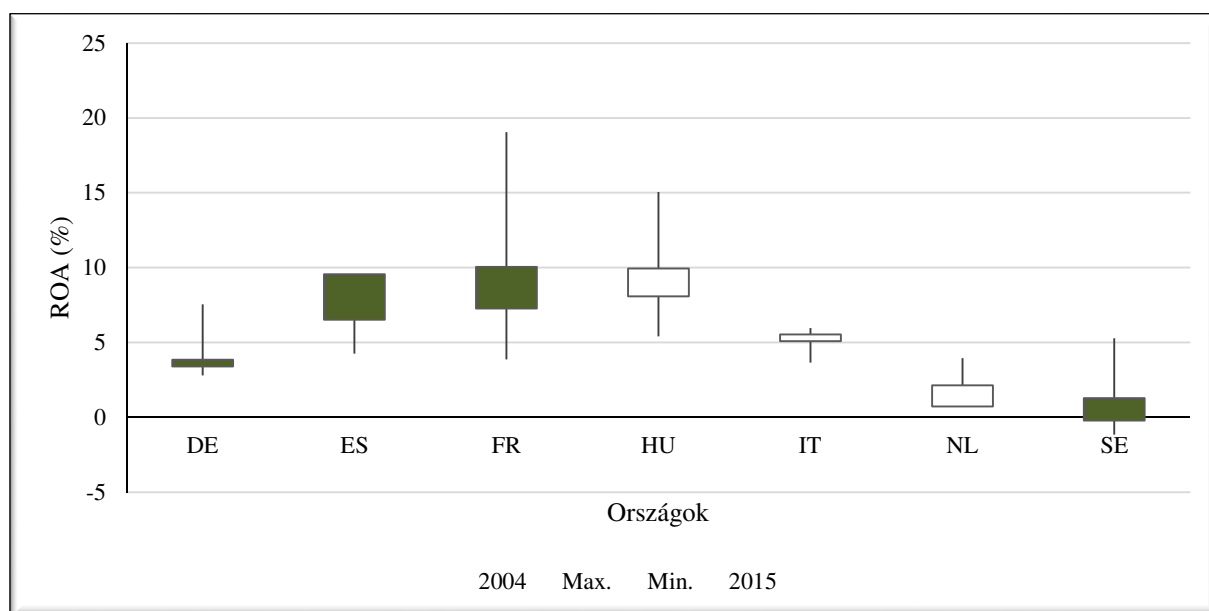
Svédország esetében a trendfüggvény illeszkedése a bioüzemanyag termelés idősorára ($r^2 = 73,23\%$) közepesen erős. Az EUROSTAT adatbázisa szerint Svédországban a közlekedési ágazatban 2015-ben 24,0%, 2016-ban 30,3% volt a megújuló energiaforrások felhasználása a végső energiafelhasználás %-ában (EUROSTAT, 2018). Így az ország a közlekedési ágazatban 2020. évre vállalt 13,80%-os megújuló energiafelhasználási célkitűzésének több mint a dupláját érte el 2016-ban. Mivel Svédországban nagy mennyiségben állítanak elő második generációs bioüzemanyagokat, ezért nem várható, hogy a jövőben növekedne az első generációs bioüzemanyagok előállítása.

Az előrejelzett bioüzemanyag termelési adatokból, valamint az új jogszabályi előírásokból arra következtethetünk, hogy a vizsgált országokban az előállított első generációs bioüzemanyagok mennyisége jelentősen már nem fog növekedni, ezért a H1 hipotézisemet elfogadottnak tekintem.

A következő fejezetben a legtöbb bioüzemanyagot előállító európai országok és Magyarország szántóföldi növénytermelésének legfontosabb hatékonysági mutatóit hasonlítom össze az FADN adatbázisa alapján.

4.1.2 A vizsgált országok szántóföldi növénytermelésének hatékonyság elemzése

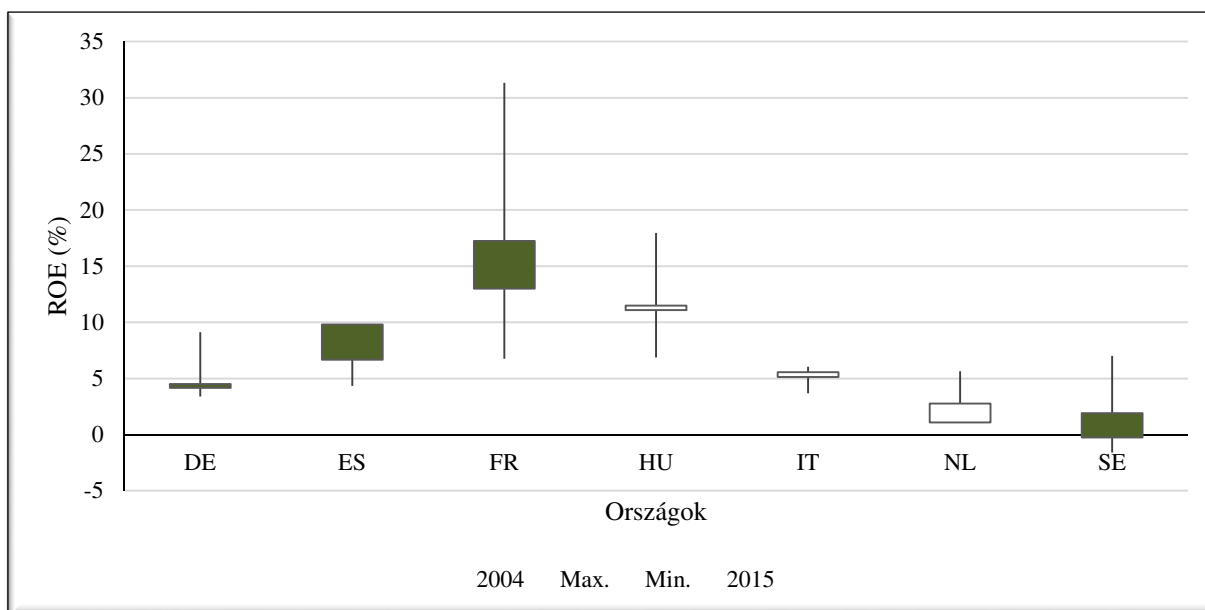
A hatékonyságot nem lehet egyetlen mutatóval mérni, annak színvonalára, fejlődésére csak a mutatók rendszere adhat jó megközelítést. A következőkben az FADN adatbázisából számítható legjellemzőbb hatékonysági mutatók éves alakulását hasonlítom össze a vizsgált országok tekintetében. A mutatók átlagos értékeit, szórását, minimum és maximum értékeit a 4. melléklet tartalmazza.



24. ábra: Eszközarányos jövedelmezőség mutató (ROA), (%)

Forrás: FADN adatok alapján saját szerkesztés

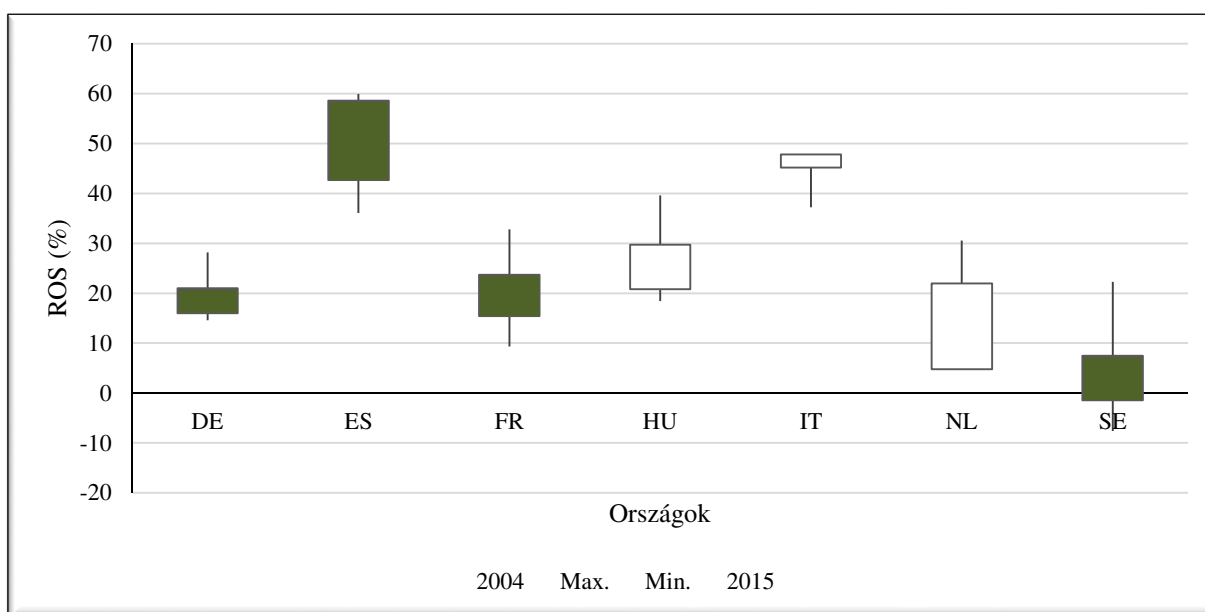
Az első mutató az eszközarányos jövedelmezőség mutató (ROA), melynél a gazdaságok nettó jövedelmét viszonyítottam a mérleg eszköz oldalának összesen adatához. Ez a mutató az egyik leggyakoribb eszközjөvedelmezőségi mutató a nemzetközi gyakorlatban (PUCSEK, 2011), ami a gazdaságok eredménytermelő képességét mutatja meg. Mivel ez a mutató az eszközfelhasználás hatékonyságát fejezi ki, így hatékonysági mutatóként értelmezendő. Az egyes országok között jelentős eltérések figyelhetők meg, sőt országon belül is igen változatos képet mutat egy-egy év eszközarányos jөvedelmezősége (24. ábra). Ennek oka jelentős részben az ágazat időjárási kockázatnak való kitettsége, az éves csapadékmennyiség és –eloszlás függvénye. A ROA mutató Magyarország, Olaszország és Hollandia esetében növekedett a vizsgált időszak alatt, a többi ország esetében csökkent. Franciaországban volt a legmagasabb a mutató értéke, de ebben az országban volt a legnagyobb a szórás értéke is. Svédország esetében a mutató értéke 2014. és 2015. években negatív, mert a szántóföldi növénytermelés ebben a két évben veszteséges volt. Hollandiában a vizsgált időszak alatt a magas eszközérték ellenére viszonylag alacsony nettó eredmény képződött, amit a kötelezettségek és a saját tőke többi országhoz viszonyított magas aránya okozott.



25. ábra: Saját tőke arányos jövedelmezőség mutató (ROE), (%)

Forrás: FADN adatok alapján saját szerkesztés

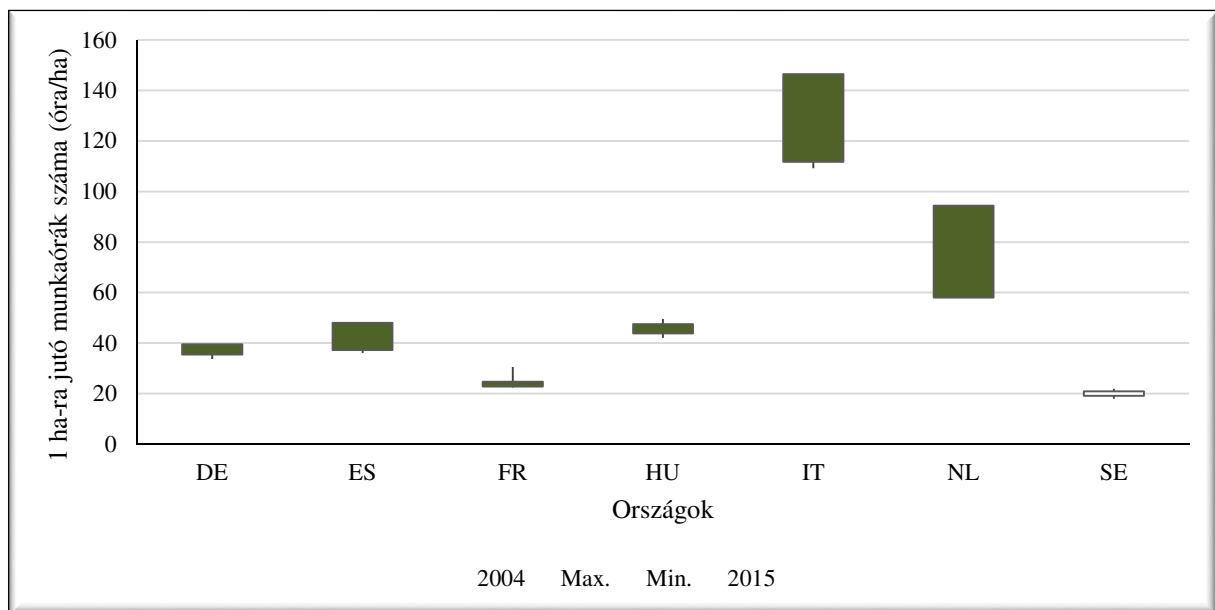
A saját tőke arányos jövedelmezőség mutató (ROE) a tőke jövedelmezőségi szintjére és annak elmozdulási irányára vonatkozóan nyújt információt. Az eszközarányos jövedelmezőség mutatóhoz hasonlóan szintén gyakran számított mutató, mert informálja a tulajdonosokat a tőkegyarapodás mértékéről és jelzi a tőke megtérülési idejét is (BÍRÓ et al., 2007). A ROE mutató értékei az egyes országok esetében nagyságrendileg az eszközarányos jövedelmezőség mutatóhoz hasonlóan alakultak (25. ábra). Franciaországban volt a legmagasabb a tőke megtérülési ideje, átlagosan 18,98%, de a tőkegyarapodás értéke csökkenő tendenciát mutat. A vizsgált országok közül Hollandiában, Németországban és Svédországban volt a legmagasabb a saját tőke értéke. Svédországban és Németországban a tőkegyarapodás mértéke csökkenő tendenciát mutat. A veszteséges gazdálkodás miatt Svédországban a tőkegyarapodás mértéke 2014. és 2015. évben negatív volt. Magyarországon, Olaszországban és Hollandiában növekedett a ROE értéke a vizsgált időszak alatt.



26. ábra: Árbevétel arányos jövedelmezőség mutató (ROS), (%)

Forrás: FADN adatok alapján saját szerkesztés

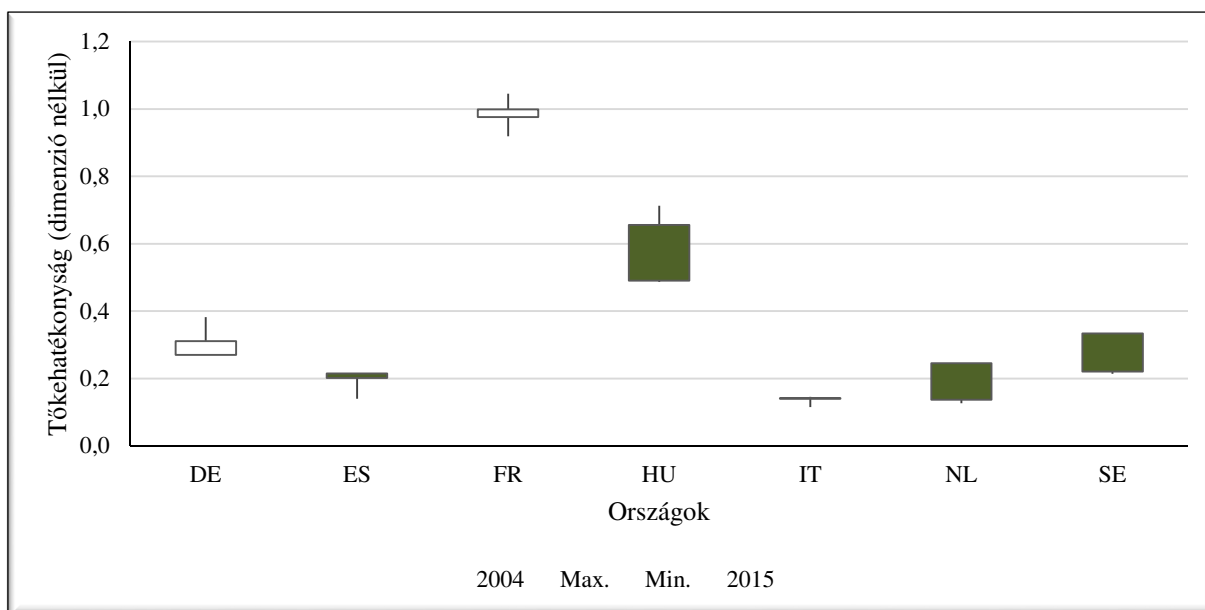
Az árbevétel arányos jövedelmezőség mutató (ROS) a nettó eredmény és az értékesítési árbevétel viszonyát fejezi ki. Megmutatja, hogy a vizsgált időszakban az árbevétel hány százaléka áll rendelkezésre az adózást követően (SIKLÓSI – VERESS, 2011). Ez a mutató az előző két jövedelmezőségi mutatóhoz képest már kedvezőbben alakult a vizsgált országok esetében (26. ábra). Átlagosan Spanyolország és Olaszország árbevétel arányos jövedelmezősége alakult a legkedvezőbben, de míg Olaszországban emelkedett, addig Spanyolországban csökkent a mutató értéke. Spanyolországban átlagosan az adózást követően az árbevétel 52,47%-a, Olaszországban az árbevétel 44,26%-a, Svédország esetében csupán az árbevétel 9,60%-a állt a szántóföldi növénytermelő gazdák rendelkezésére adózás után a vizsgált időszakban. A ROS mutató értékei minden vizsgált ország esetében meghaladják a ROE mutató értékeit, ami azt jelenti, hogy az értékesítés nettó árbevétele nem érte el a saját tőke értékének szintjét sem, ami hatékonysági problémákhoz vezethet.



27. ábra: Egy hektárra jutó munkaórák száma (óra/ha)

Forrás: FADN adatok alapján saját szerkesztés

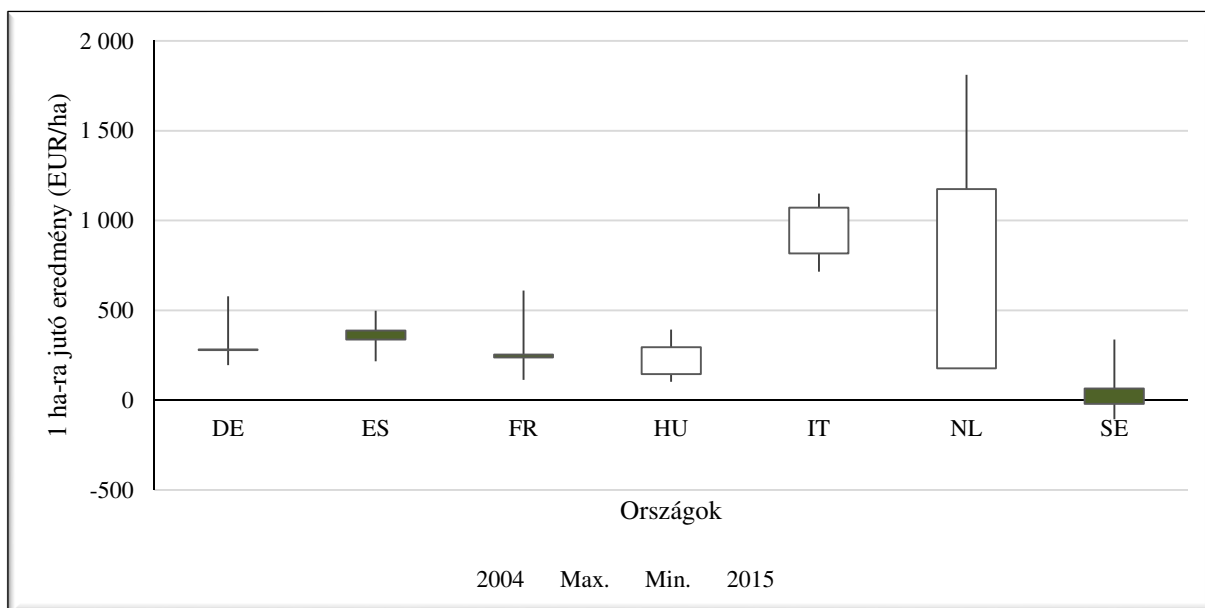
A szántóföldi növénytermelés egy hektárjára jutó munkaórák száma mutató nagyságát befolyásolja a megművelt terület nagysága és az éves munkaerőegység (ÉME) nagysága. Az ÉME nagyságát jelentősen befolyásolja a termesztett növények fajtája. Olaszországban és Hollandiában jelentős területen termelnek szántóföldeken virágokat és dísnövényeket, ami munkaigényesebb, mint a gabonatermelés. Az ábrán is látható, hogy a többi országhoz viszonyítva Olaszországban és Hollandiában a legmagasabb a mutató értéke, de az utóbbi években mindkét ország esetében jelentősen csökkent az egy hektárra jutó munkaórák száma (27. ábra). A vizsgált országok közül Svédországban a legalacsonyabb a mutató értéke, ahol kismértékű növekedés figyelhető meg. A növekedést az ÉME növekedése okozta, de Svédországban kismértékben növekedett a mintában szereplő gazdaságok által megművelt földterület nagysága is.



28. ábra: Tőkehatékonysági mutató (dimenzió nélkül)

Forrás: FADN adatok alapján saját szerkesztés

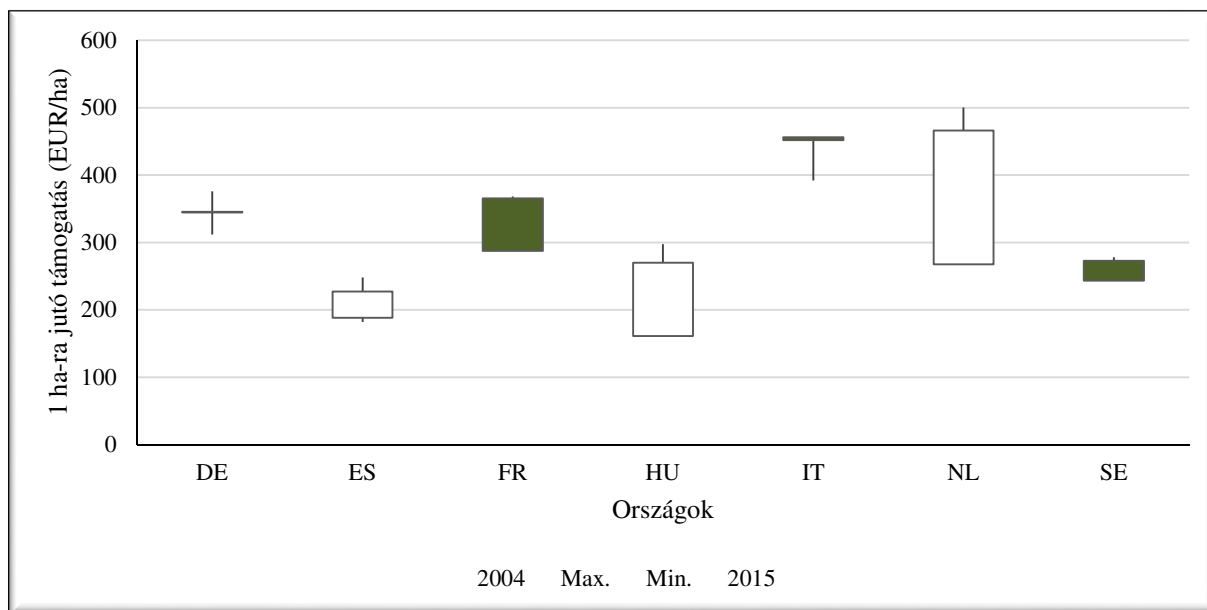
A tőkehatékonysági mutató azt jelzi, hogy a gazdaság egységnyi saját tőke felhasználással mekkora bruttó hozamot ér el. A mutató értelmezhető a saját tőke forgási mutatójaként is (BÍRÓ et al., 2007). A tőkehatékonyság a vizsgált országokban Franciaország és Németország kivételével csökkent (28. ábra). A legkedvezőbben Franciaországban alakult a mutató. Ebben az országban a tőkehatékonyság értéke a legtöbb évben eléri a kívánatos 1,00 értéket. Magyarországon a mutató értéke átlagosan (0,57) a második legnagyobb a vizsgált országok közül. Magyarország, Hollandia és Svédország esetében a tőkehatékonyság jelentősen csökkent, mert a saját tőke növekedésének mértékét nem követte a termelési érték növekedése. Olaszországban és Spanyolországban igen kedvezőtlenül alakult a tőkehatékonyság. A többi országhoz viszonyítva mindkét országban alacsony a saját tőke és a termelési érték nagysága, valamint a termelési érték kisebb arányban növekedett, mint a saját tőke.



29. ábra: Egy hektárra jutó eredmény mutató (EUR/ha)

Forrás: FADN adatok alapján saját szerkesztés

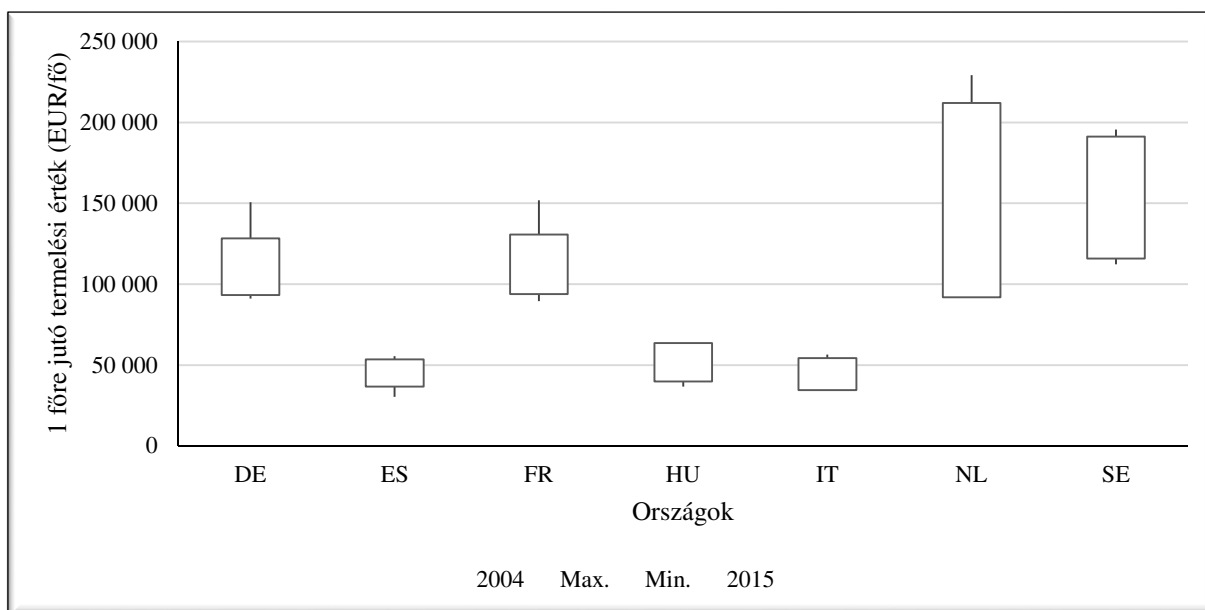
Az egy hektárra jutó eredmény mutató azt mutatja meg, hogy a gazdaságok által megművelt hasznos terület egy hektárjára mekkora nyereség jut. A mutató értéke az egyes országok esetében jelentősen ingadozott (főleg Hollandia és Magyarország esetében), ami egyrészt az időjárás alakulása miatti termésmennyiség ingadozásának, másrészt az árak alakulásának köszönhető (29. ábra). Hollandiában egyes években jelentősen megugrott a készletek értéke. Átlagosan Hollandia (965,79 EUR/ha) és Olaszország (879,80 EUR/ha) realizálta a legmagasabb egy hektárra jutó eredményt és Svédország a legalacsonyabbat (114,35 EUR/ha). Németország, Franciaország és Spanyolország esetében közel azonos szinten alakult az egy hektárra jutó nyereség nagysága és mindhárom ország esetében kisebb csökkenés következett be a mutató értékében. Magyarország esetében ettől lényegesen alacsonyabb szinten alakult a mutató értéke (átlagosan 246,12 EUR/ha), mert 2004 és 2010 között a nyereség igen alacsony volt.



30. ábra: Egy hektárra jutó támogatás mutató (EUR/ha)

Forrás: FADN adatok alapján saját szerkesztés

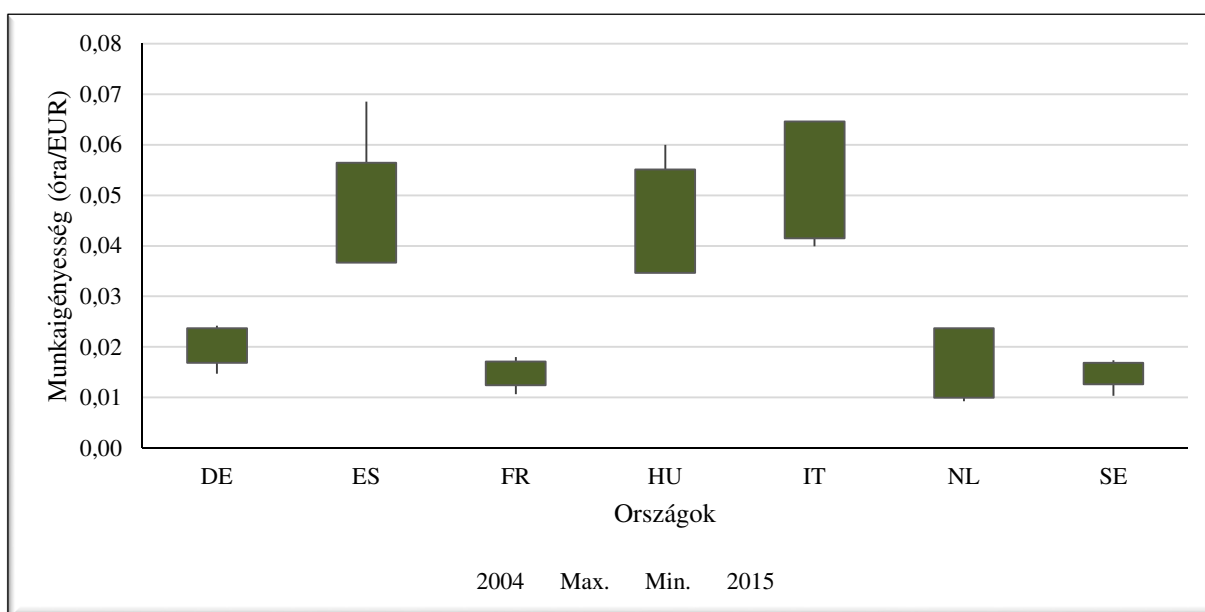
Az egy hektárra jutó szántóföldi növénytermeléshez kapcsolódó támogatások értéke a vizsgált időszakban Olaszországban volt a legmagasabb, átlagosan 427,36 EUR/ha. A legnagyobb arányban Hollandiában nőttek a szántóföldi növénytermeléshez kapcsolódó támogatások (30. ábra). A legtöbb egy hektárra jutó támogatást 2013-ban Hollandiában (500,24 EUR/ha) kapták a gazdák, a legkevesebbet Magyarországon (161,11 EUR/ha) 2004. évben. Magyarországon 2013. évben volt a legmagasabb a mutató értéke, ami csaknem 85%-os növekedést jelent 2004. évhez képest. Németországban és Franciaországban a vizsgált időszakban csökkent a növénytermelő gazdák részére kifizetett támogatások nagysága. A mintában szereplő gazdaságok által megművelt terület aránya nagyobb arányban növekedett Olaszországban és Svédországban, mint a gazdák számára kifizetett támogatások nagysága.



31. ábra: Egy főre jutó termelési érték mutató (EUR/fő)

Forrás: FADN adatok alapján saját szerkesztés

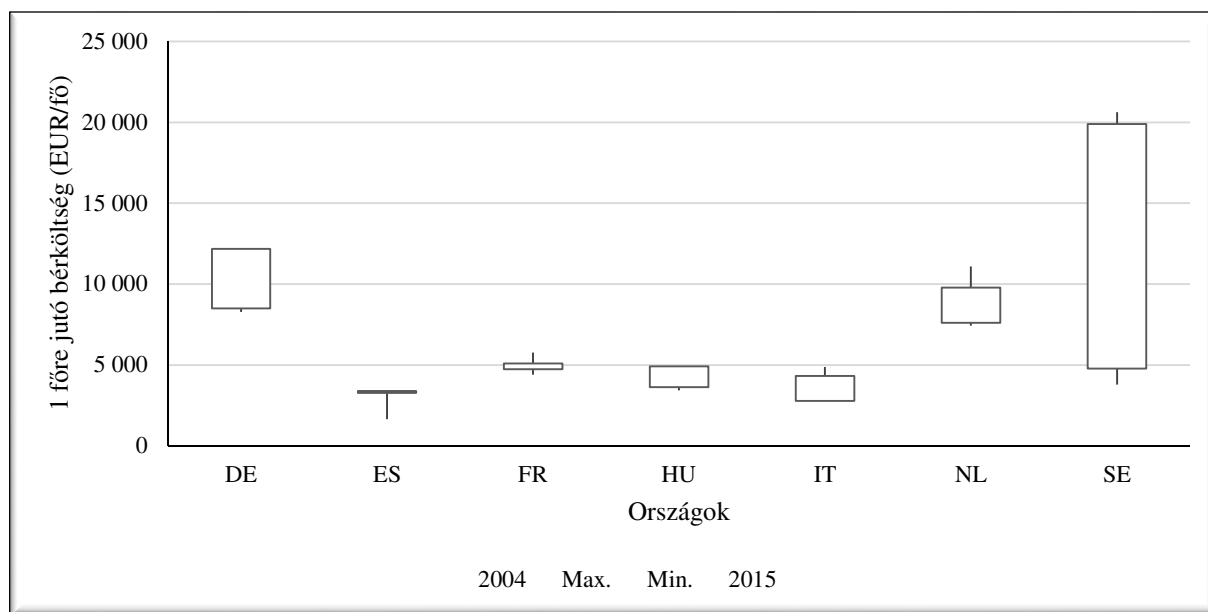
Az egy főre jutó termelési érték mutató az élőmunka hatékonyságát méri. A mutató értékét a termelési érték változása és az élőmunka felhasználás változása befolyásolja. A vizsgált időszakban az élőmunka hatékonysági mutató a vizsgált országokban növekvő tendenciát mutatott (31. ábra). A legmagasabb a mutató értéke Hollandiában volt és ebben az országban volt a legmagasabb a szórás értéke is. Olaszországban és Svédországban növekedett a dolgozók létszáma a vizsgált gazdaságokban, a többi országban csökkent a foglalkoztatás a szántóföldi növénytermelés esetében. A termelési érték viszont minden ország esetében növekedett. A növekedésben csak 2009. évben és 2014. évben történt némi megtorpanás, amit az értékesítés nettó árbevételének csökkenése okozott. 2009. évben Olaszország kivételével minden vizsgált ország élőmunka hatékonysága csökkent. 2014-ben Hollandia, Franciaország és Németország esetében volt jelentősebb visszaesés. A csökkenést az időjárás miatti termésviszaesés mellett a termelői árak világpiaci csökkenése is okozta.



32. ábra: Munkaigényesség mutató (óra/EUR)

Forrás: FADN adatok alapján saját szerkesztés

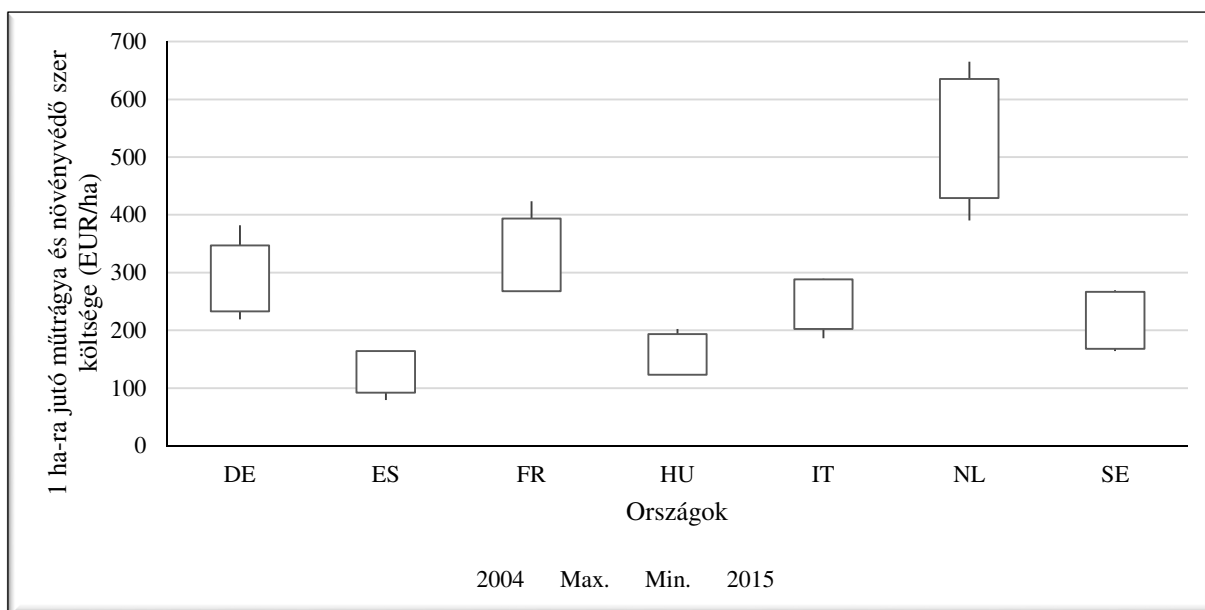
Az élőmunka hatékonysági mutató reciproka a munkaigényességi mutató, de ebben az esetben a létszám helyett a munkaórák számával számoltam. Minél kisebb a mutató értéke annál kedvezőbb az élőmunka hatékonysága. A vizsgált országok esetében a munkaigényesség kedvezően alakult (32. ábra). A ledolgozott munkaórák száma csak Svédország és Olaszország esetében növekedett, ennek ellenére a mutató értéke mindkét ország esetében csökkent, mert a termelési érték nagyobb arányban növekedett. A legkedvezőbb a mutató értéke Franciaország, Hollandia és Svédország esetében volt. Lényegi változás a mutató alakulásában Olaszország, Magyarország és Spanyolország esetében figyelhető meg. Ebben a három országban a legalacsonyabb a termelési érték, de a vizsgált időszak alatt növekvő tendenciát mutat.



33. ábra: Egy főre jutó bérköltés mutató (EUR/fő)

Forrás: FADN adatok alapján saját szerkesztés

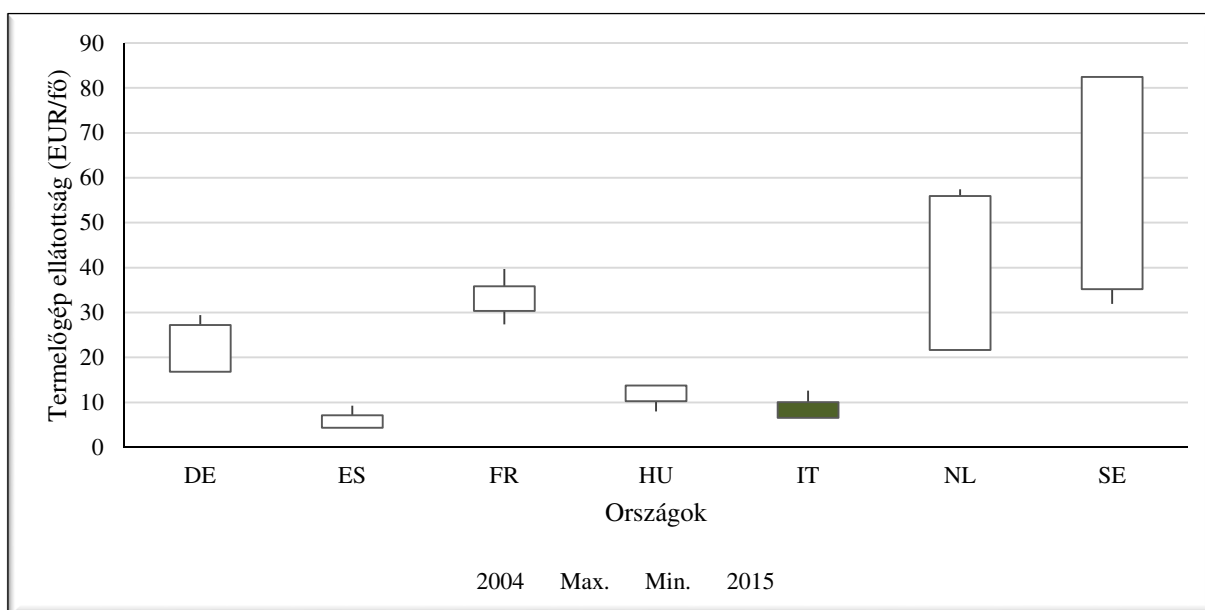
Az egy főre jutó bérköltés mutató esetén a nagyobb érték a nagyobb jövedelemtermelő képességet jelenti. Spanyolország kivételével minden vizsgált ország esetében növekedett az egy főre jutó bérköltés mutató értéke (33. ábra). Németországban a mutató folyamatos növekvő tendenciát mutat. Ebben az országban volt a legmagasabb az átlagos egy főre jutó bérköltés értéke is (9.955,99 EUR/fő). Svédországban a bérköltés értéke 2004. évhez képest csaknem megnégyszereződött a vizsgált időszak végére. 2014 és 2015 évben kétszer akkora bérköltésért számoltak el a szántóföldi növénytermelő gazdák, mint az azt megelőző két évben, miközben a létszám alig változott.



34. ábra: Egy hektárra jutó műtrágya és növényvédő szer költsége mutató (EUR/ha)

Forrás: FADN adatok alapján saját szerkesztés

Az egy hektárra jutó műtrágya és növényvédő szer költsége a vizsgált időszakban minden ország esetében növekvő tendenciát mutat (34. ábra). A mutató értéke Hollandiában volt a legmagasabb, átlagosan 532,89 EUR/ha. Ehhez képest Svédországban, Olaszországban, Magyarországon és Spanyolországban átlagosan fele ekkora volt a felhasznált műtrágya és növényvédő szer költsége. A legkisebb a mutató értéke Spanyolországban volt.



35. ábra: Termelőgép ellátottság mutató (EUR/fő)

Forrás: FADN adatok alapján saját szerkesztés

A termelőgép ellátottság mutató az egy főre jutó termelőgépek értékét mutatja. Minél nagyobb a mutató értéke, annál újabb, korszerűbb gépekkel dolgoznak a földeken a gazdák és annál nagyobb az üzemek összkapacitása. Az egy főre jutó termelőgép ellátottság mutató Svédország és Hollandia esetében folyamatosan növekvő tendenciát mutat (35. ábra). Az országok közül a legrosszabb gépesítettsége minden évben Spanyolorzágnak volt. Olaszországban a mutató értéke csökkenő

tendenciát mutat, ami azt jelenti, hogy egyre kevesebb új termelőgépet szereztek be az olasz gazdák a vizsgált időszakban.

A vizsgált hatékonysági mutatók értékei alapján nehéz meghatározni, hogy melyik ország szántóföldi növénytermelésének hatékonysága volt a nagyobb. Ha az egyes hatékonysági mutatók országonkénti átlagos értékeit standardizáljuk, akkor kapunk egy képet az országok szántóföldi növénytermelésének átlagos hatékonyságáról (17. táblázat).

17. táblázat: A vizsgált hatékonysági mutatók átlagának standardizált értékei alapján képzett sorrend

Országok	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Σ	Sorrend
DE	42	45	31	11	27	37	21	18	8	15	28	39	322	3.
ES	67	83	71	59	66	82	80	69	65	74	84	77	877	7.
FR	9	19	6	1	3	20	5	4	2	10	29	17	125	1.
HU	70	81	74	48	38	79	63	33	36	43	41	44	650	5.
IT	57	58	76	56	73	61	64	72	67	78	49	53	764	6.
NL	62	40	22	13	29	22	14	26	7	12	34	24	305	2.
SE	52	59	55	16	24	50	51	35	32	46	54	47	521	4.

Forrás: FADN adatok alapján saját szerkesztés

A vizsgált mutatók átlagos értékei alapján Franciaország szántóföldi növénytermelése volt a leghatékonyabb (17. táblázat). Franciaország mezőgazdasága nem csak az Európai Unióban, de világviszonylatban is vezető pozíciót foglal el, ami nem csak a termelésre, de az élelmiszergazdaság exportteljesítményére is igaz. Az Európai Unióban a mezőgazdaságilag hasznosított terület nagysága Franciaországban a legnagyobb, közel 30 millió hektár, öt követi Spanyolország, Németország, Olaszország, Magyarország, Svédország és Hollandia. A francia gazdák profittermelő képessége volt a legmagasabb a vizsgált időszakban, mert átlagosan itt volt a legmagasabb a ROA és a ROE mutató értéke, valamint a Tőkehatékonyság (4. melléklet).

Hollandia szántóföldi növénytermelése a második leghatékonyabb a vizsgált országok közül. Hollandiában végzik a legmunkaigényesebb termelést, de az élőkommunka hatékonysága és az egy hektárra jutó eredmény is ebben az országban a legmagasabb. Az ország jövedelmezősége mégis kedvezőtlenül alakult, mert a nettó eredmény aránya a mérleg többi tételéhez viszonyítva alacsony volt. Németországban átlagosan az egy főre jutó bérköltség mutató volt a legmagasabb a vizsgált időszakban. Németország után Svédországban és Hollandiában keresték a legtöbbet a szántóföldi növénytermeléssel foglalkozók. A termelőgép ellátottság mutató Svédországban alakult a legkedvezőbbben, ezért ebben az országban volt a legalacsonyabb az egy hektárra jutó munkaórák számának alakulása is. Mindhárom jövedelmezőségi mutató Svédország esetében alakult a legkedvezőtlenebbül, mert a gazdák ebben az országban realizálták a legalacsonyabb nettó eredményt. 2014. és 2015. évben is veszteséges volt a svéd szántóföldi növénytermelés, mert a termelés költségei meghaladták a termékek eladási árát.

A ROA, a ROE és a tőkehatékonyság mutató átlagosan Franciaország után a második legkedvezőbb Magyarországon volt, tehát a magyar gazdák is eredményesen működtek. Ennek ellenére az egy hektárra jutó eredmény mutató a többi országhoz viszonyítva igen alacsony volt. Ennek egyik oka lehet, hogy az egy hektárra jutó támogatások aránya az országban igen alacsony volt. Olaszországban több mutató is igen kedvezőtlenül alakult annak ellenére, hogy az olasz gazdák kapták a legmagasabb egy hektárra jutó támogatást. Ebben az országban volt a legalacsonyabb a tőkehatékonyság és az élőkommunka hatékonyság értéke is. Az ország termelőgép ellátottsága is alacsony, ezért az egy hektárra jutó munkaórák száma magas.

A vizsgált országok közül a spanyol szántóföldi növénytermelés volt a legkevésbé hatékony. A spanyol gazdák részesültek a legalacsonyabb egy hektárra jutó támogatásban és az egy főre jutó bérköltés is ebben az országban volt a legalacsonyabb. Ebben az országban volt a legalacsonyabb a termelőgépek ellátottság és itt használták fel a legkevesebb egy hektárra jutó műtrágyát és növényvédőt is. Mindezek ellenére a spanyol szántóföldi növénytermelés jövedelmezősége kedvezőnek mondható. Az árbevétel arányos jövedelmezőség Spanyolországban alakult a legkedvezőbbben.

4.1.3 A szántóföldi növénytermelés és a bioüzemanyag termelés korrelációs kapcsolata

A nemzeti kormányzatokat számos tényező ösztönzi a bioüzemanyagok termelésének és felhasználásának növelésére. A bioüzemanyag termelése mellett szőlő érvek között megjelenik az energiatartalom csökkentése, a Kiotói Egyezménynek való megfelelés és környezetvédelmi megfontolások. A mezőgazdasági túltermelés, a vidéki népesség jövedelemhez juttatása is a bioüzemanyagok termelése mellett szól, mert a mezőgazdasági eredetű hajtóanyagok új, alternatív jövedelemszerző tevékenységet jelentenek a gazdák számára. A számos tényező keveredése miatt a nemzeti stratégiák nem teljesen egyértelműek (HINGYI et al., 2006), mert egyszerre jelenik meg bennük az importösztönzés, a környezetvédelmi célok és a belső termelők védelme iránti igény. Az ellentmondás érthető, hiszen a környezetvédelmi és az energetikai célok a leggazdaságosabban import bioüzemanyagok útján érhetők el, mert a fejlődő országok jóval olcsóbban állítják azokat elő és ebben az esetben az előállítás keletkező emisszió is máshol jelentkezik. Ugyanakkor az import bioüzemanyagok felhasználása ellentmond a mezőgazdaság érdekeinek.

A H2.1 hipotézisem szerint szignifikáns kapcsolat van a szántóföldi növénytermelés hatékonysága és a bioüzemanyag termelés nagysága között. A hipotézis igazolásához a vizsgált országok által évenként előállított bioüzemanyagok mennyiségének rangsora és a hatékonysági mutatók átlagának standardizált értékeiből képzett rangsor között rangkorrelációs együtthatót számítottam. A rangkorrelációs együttható segítségével megállapítható, hogy van-e kapcsolat a szántóföldi növénytermelés hatékonysága és az előállított bioüzemanyagok mennyisége között.

18. táblázat: A bioüzemanyag termelés és a szántóföldi növénytermelés hatékonysága közötti rangkorrelációs kapcsolat

Megnevezés	DE	ES	FR	HU	IT	NL	SE
Spearman's rho	0,441	-0,503	-0,308	0,594*	-0,028	0,382	0,497
Szignifikancia	0,152	0,095	0,331	0,042	0,931	0,221	0,101
N szabadságfok	12	12	12	12	12	12	12

*A korreláció szignifikáns 0,05%-os szinten.

Forrás: Saját számítás, SPSS

A bioüzemanyag termelés és a szántóföldi növénytermelés hatékonysága között csak Magyarország esetében ($p=0,042$) figyelhető meg valós kapcsolat (18. táblázat). A többi ország esetében a szignifikancia szint meghaladta az 5%-os elfogadhatósági értéket, ezért a két tényező közötti kapcsolat pusztán a véletlennek tekinthető.

Az elemzés eredményeit támasztják alá a 19. táblázat adatai. A vizsgált országok 2018. évi előrehaladási jelentéséből kigyűjtöttem a bioüzemanyag előállítás céljára felhasznált szántóföldi növények mennyiségét azok származási helye szerint.

19. táblázat: Bioüzemanyag termelés céljára termesztett szántóföldi növények mennyisége

Országok	Mértékegység	Belföldi nyersanyag mennyisége		Az Unióból importált nyersanyag mennyisége		Az Uniótól kívülről importált nyersanyag mennyisége	
		2015	2016	2015	2016	2015	2016
DE	1000 tonna	2 687	1 895	4 257	3 683	1 387	2 012
ES	%	9,42	1,01	5,75	11,65	84,82	87,34
FR	ktoe	2 434	1 411	461	1 346	na.	na.
HU	tonna	Repce: 337 503 Kukorica: 1 253 001	Repce: 325 006 Kukorica: 1 350 007	na.	na.	na.	na.
IT	tonna	532	999	26 108	20 850	357 843	131 577
NL	tonna	25 821	25 042	na.	na.	na.	na.
SE	ktoe	42	12	334	239	334	239

Forrás: Saját szerkesztés az országok előrehaladási jelentései alapján⁵

Az egyes országokban az adatgyűjtés nem egységes, ami megnehezíti annak meghatározását, hogy az előállított bioüzemanyagok mennyisége gyakorolt-e hatást az országok szántóföldi növénytermelésének hatékonyságára. Magyarország és Hollandia esetében nem állnak rendelkezésre adatok az importált nyersanyagok tekintetében. Spanyolország az előrehaladási jelentésében arányszámokban adta meg az előállított bioüzemanyagok felhasznált alapanyagának régiók szerinti megoszlását, míg Franciaország és Svédország a szántóföldi növényekből előállított energia mennyiségét közölte. A rendelkezésre álló adatokból azonban jól látszik, hogy a vizsgált országok zömmel nem belföldi nyersanyagból állították elő a bioüzemanyagokat.

A vizsgált országok adottságai szántóföldi növénytermelésre eltérőek. A kisebb területtel rendelkező országokban az élelmezésbiztonságot szem előtt tartva történik a bioüzemanyagok előállítása. Ezek az országok vagy importált alapanyag, vagy import bioüzemanyag felhasználásával próbálják meg teljesíteni vállalásaikat, míg más országokban a környezetvédelmi megfontolások és az energifüggetlenség csökkentése az irányadók.

Magyarország esetében az eredmények az mutatják, hogy pozitív irányú, közepesen erős kapcsolat van a bioüzemanyag termelés mennyisége és a szántóföldi növénytermelés hatékonysága között. Ebből arra következtethetünk, hogy a szántóföldi növénytermelési lehetőségeihez mérten Magyarország határozta meg legoptimálisabban bioüzemanyag politikáját. Mivel a többi ország esetében nincs szignifikáns kapcsolat a bioüzemanyag termelés mennyisége és a szántóföldi növénytermelés hatékonysága között, ezért a H2.1 hipotézisemet elvetem.

4.1.4 Az energianövény termelés és a jövedelmezőség kapcsolata

Minden növény és erdészeti fa biomasszája alkalmas energianyerésre. A szűkebb értelemben vett energianövényeket azonban kifejezetten megújuló energiatermelés céljára termelik. Energianövényként elsősorban a különböző gyorsan növő, gyakrabban kitermelhető, nagy tömeget adó fajok (mellyel jelen disszertáció nem foglalkozik) és a nagy zöldhozamú fűfélék jöhetnek szóba (melyekből többnyire étetéssel hőenergiát nyernek és fejlett bioüzemanyagok előállítására is alkalmasak), de a szántóföldi, elsősorban élelmiszeripari céllal termesztett növények közül többek között a búza, a kukorica, a napraforgó és a repce is hasznosítható energianövényként.

⁵ Online: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/progress-reports> (Letöltés: 2019.02.01)

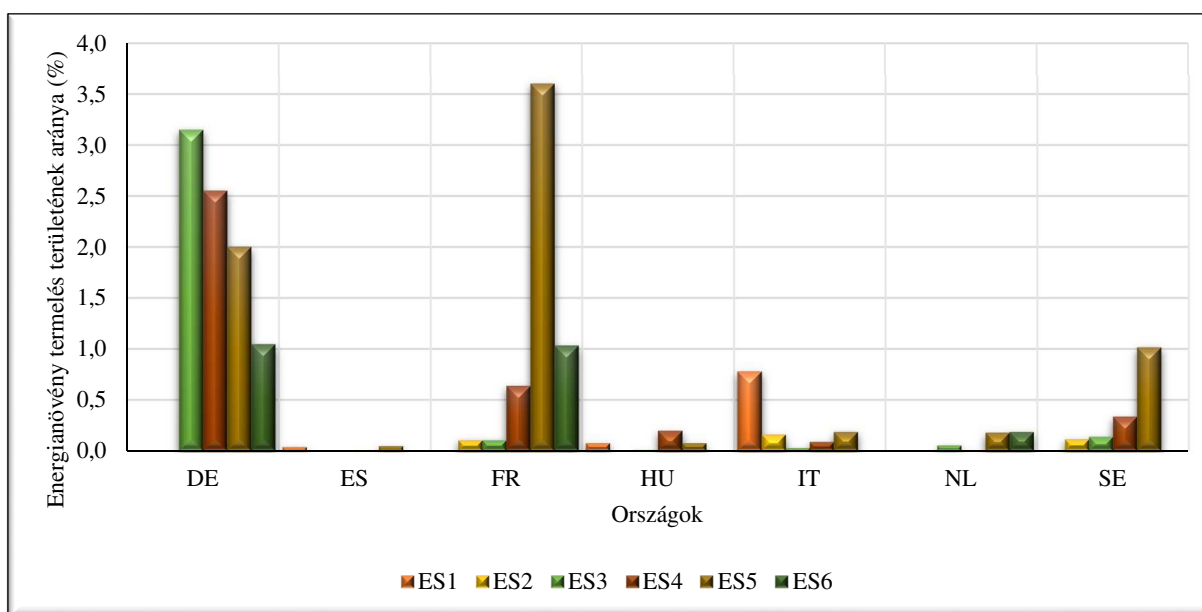
Ha nő a bioüzemanyagok használatának kényszere, akkor megnövekszik az alapanyagok iránti kereslet. A magasabb kereslet – főleg egy rosszabb, szárazabb év esetén – árfelhajtó hatással bír, mert megindul a verseny az élelmiszer-, a takarmány- és a bioüzemanyag ipar között (GYULAI, 2010). Mind az Egyesült Államokban, mind az Európai Unióban gyakran hangoztatott érv, hogy az energianövények termelése javítja a gazdák jövedelemszínvonalát (POPP 2007), (ILLÉS et al., 2013), és hozzájárul a versenyképesség növeléséhez (BOZSIK – MAGDA, 2010).

A termelők a gabonát többnyire nem valamilyen célra termesztik, így a különböző felhasználási céllal termelt növények termelési költségei között nincs számottevő különbség. Az energetikai célú gabonatermelésnél alkalmazott agrotechnika megegyezik az ipari feldolgozásra termelt növényekével. A gazdáknak általában nincs ráhatásuk a végső felhasználásra, csupán a megtermelt gabonát értékesítik a piacon.

A bioüzemanyag gyártók arra törekednek, hogy minél alacsonyabb áron, minél jobb minőségű alapanyaghoz jussanak, a gabonatermelők érdeke pedig, hogy a rendelkezésükre álló erőforrások optimális kihasználásával, minél alacsonyabb önköltséggel állítsák elő a szükséges terménymennyiséget.

Az FADN adatbázisa energianövényekről árbevételi és területi adatokat is tartalmaz. Ezek az adatok olyan energianövényekkel kapcsolatos adatokat is tartalmaznak, melyeket étkezési célra nem lehet felhasználni, mint például az energianád, energiafű, vagy olyan termények, melyek esetében a gazdák már vetéskor, vagy értékesítéskor tudták, hogy energetikai célra kerülnek majd felhasználásra.

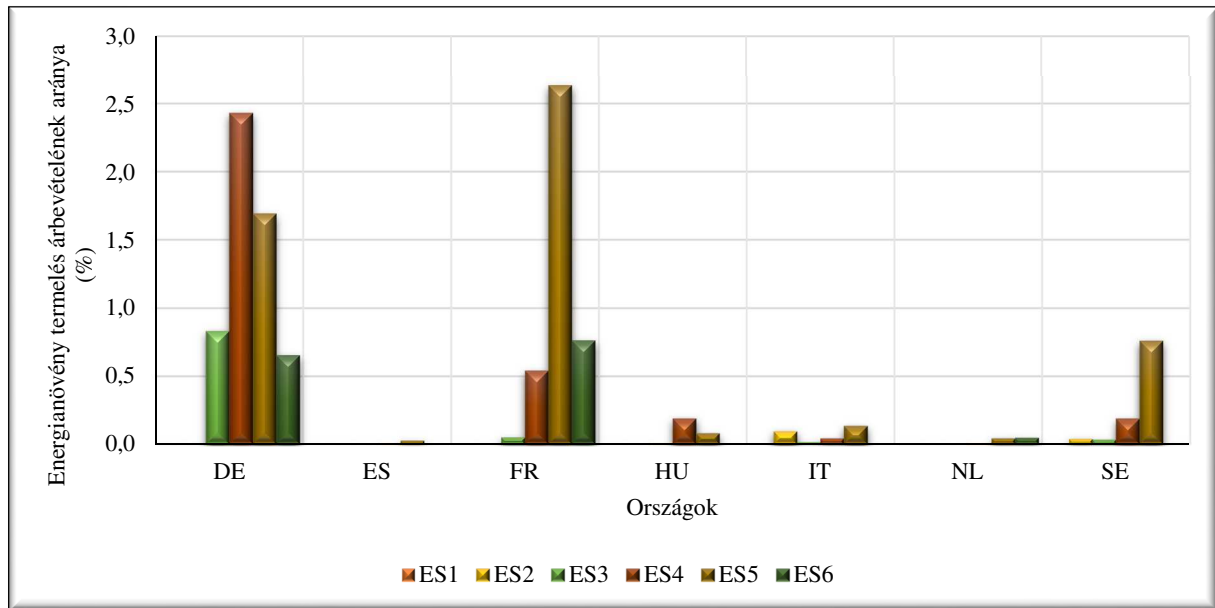
A H2.2 hipotézis igazolásához az előzőekben már ismertetett mutatók közül három jövedelmezőségi mutató méretkategóriákra kiszámított átlagos értékeit (eszközarányos-, saját tőke arányos- és árbevétel arányos jövedelmezőség mutató) és az energianövény termeléssel kapcsolatosan az adatbázisból számítható mutatók (energianövény termelés területének arányát, az energianövény termelés árbevételének arányát az összes szántóföldi növénytermelésen belül és az egy hektárra jutó energianövényekből származó árbevétel nagysága mutató) méretkategóriákra kiszámított átlagos értékeit használtam fel. A következő ábrákon az energianövény termeléssel kapcsolatban az adatbázisból számítható mutatók méretkategóriánkénti átlagos értékeinek alakulását ismertetem.



36. ábra: Az energianövény termelés területének aránya méretkategóriákra (%)

Forrás: FADN adatok alapján saját szerkesztés

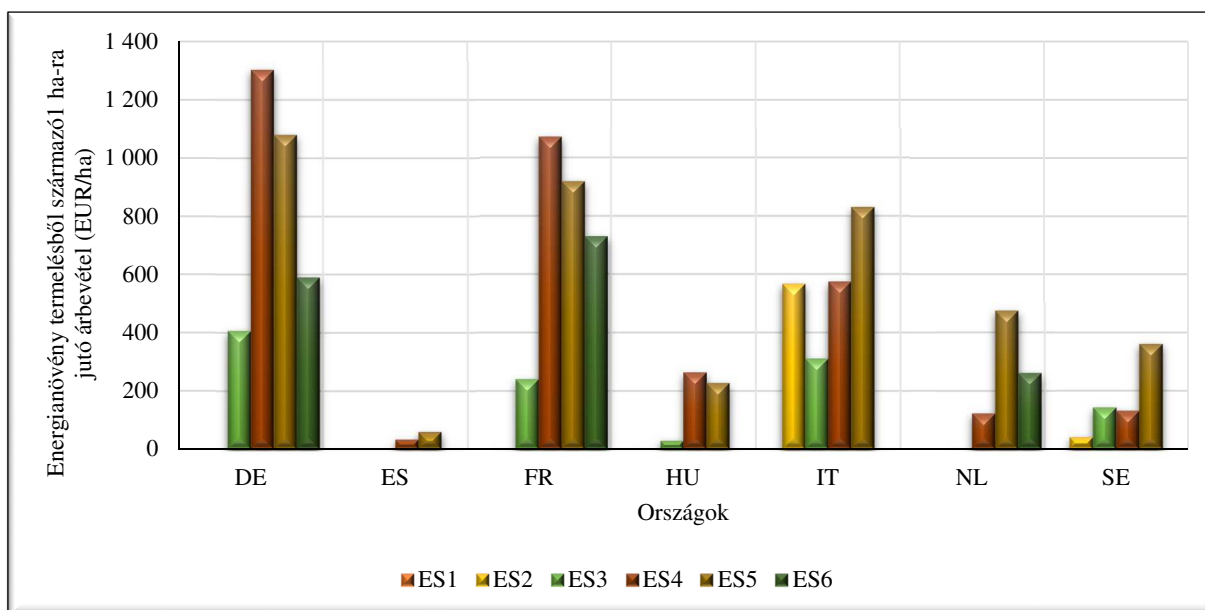
Az FADN adatbázisa szerint az adatot szolgáltató üzemek által energetikai célra felhasznált terület aránya igen csekély volt a vizsgált időszakban. Átlagosan a vizsgált országok által megművelt földterület 0,51%-án történt energianövény termelés. Jellemzően a közepes és a nagyobb méretű gazdaságok foglalkoztak energianövény termeléssel (36. ábra). A legnagyobb területet energetikai célokra Franciaországban a nagyméretű gazdaságok használták fel, ami az ES5 méretkategória esetében 3,60%-ot, az ES6 méretkategória esetében pedig 1,03%-ot tett ki. A vizsgált országok közül nagyobb területrészt használt fel még Németország is energetikai célokra. Olaszországban a kisebb méretű gazdaságok foglalkoztak inkább energetikai célú növénytermeléssel. A legkisebb földterületet Spanyolországban használták fel energianövény termelésére. Ebben az országban az ES1 és az ES5 méretkategóriájú üzemek foglalkoztak energianövény termeléssel.



37. ábra: Az energianövény termelés árbevételének aránya méretkategóriákra (%)

Forrás: FADN adatok alapján saját szerkesztés

Németországban átlagosan a szántóföldi növénytermelésből képződő árbevétel 1,40%-a, Franciaországban 1,00%-a származott energetikai célú értékesítésből. A kisebb méretű gazdaságok esetében megfigyelhető, hogy az üzemek nem értékesítésre termelték az energianövényeket, hanem saját felhasználásra, mert nem képződött árbevételük a termelésből (37. ábra). Például Németország esetében az ES3 méretkategóriába tartozó gazdaságok és Olaszország esetében az ES1 méretkategóriába tartozó gazdaságok esetében az energetikai célokra felhasznált földterülethez képest kis arányú árbevétel figyelhető meg az ábrán.



38. ábra: Az energianövény termelésből származó egy hektárra jutó árbevétel méretkategóriákra (EUR/ha)

Forrás: FADN adatok alapján saját szerkesztés

A német és a francia közepes méretű üzemek realizálták a legmagasabb egy hektárra jutó árbevételt energianövény értékesítéséből. A vizsgált időszakban a német gazdák egy hektárra jutó energianövény termeléséből képződő éves árbevétele 844,83 EUR-t tett ki, a francia gazdáké 591,62 EUR-t. Tehát a német gazdák sokkal drágábban értékesítették az egy hektáron megtermelt energianövényt, mint a többi ország gazdái. Összességében a nagyobb méretű gazdaságok egy hektárra jutó árbevétele magasabb volt, mint a kisebb méretű gazdaságok esetében (38. ábra).

A H2.2 hipotézisem szerint az energianövény termeléssel is foglalkozó üzemek jövedelmezőbben gazdálkodnak. Főkomponens- és klaszterelemzés segítségével vizsgáltam meg, hogy az energianövény termelésnek van-e hatása a szántóföldi növénytermeléssel foglalkozó gazdák jövedelmezőségének alakulására.

A főkomponens-elemzés első lépéseként meg kell vizsgálni az eredményt torzító értékeket. Több mutató esetében is megfigyelhetők kiugró és extrém értékek (6. melléklet). Ezeket a megfigyelési egységeket nem zártam ki az elemzésből, mert többletinformációt hordoznak magukban az elemzés szempontjából, mutatva a sokaság egy elkülönült vetületét (SAJTOS – MITEV, 2007).

Második lépésként, a főkomponens-elemzés elvégése előtt meg kell vizsgálni, hogy az adatok alkalmasak-e az elemzés elvégzésére. Ennek eldöntésére szolgál a Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) kritérium és a Bartlett-teszt. Az első futtatás után a hat felhasznált mutatóra a KMO értéke csupán 0,512 volt, ami azt jelzi, hogy a mutatók között kicsi a korreláció. Az árbevétel arányos jövedelmezőségi mutató korrelációja volt a legalacsonyabb a többi mutatóval, ezért ezt a jövedelmezőségi mutatót kizártam a további elemzésből.

20. táblázat: A KMO és a Bartlett teszt eredménye

Kaiser-Meyer-Olkin mintaalkalmassági mérték (KMO)	0,577
Khi-négyzet	175,719
Bartlett féle gömbpróba	Szabadságfok (df) 10
	Szignifikancia 0,000

Forrás: FADN adatok alapján saját számítás, SPSS

A KMO értéke második futtatásra 0,577-re növekedett, ami még mindig gyengének számít, de az adatokon elvégezhető a főkomponens elemzés, mert a mutató értéke nagyobb 0,5-nél (20. táblázat). A Bartlett teszt eredménye szerint a kiinduló adatok között van korreláció, mert a szignifikancia szint kisebb 0,05-nél. Összességében a mutatók között a korreláció megfigyelhető, a KMO értékek és a Bartlett teszt is igazolják, hogy a változók alkalmasak a főkomponens-elemzés elvégzésére.

21. táblázat: A főkomponens-elemzés teljes magyarázott varianciája

	Eredeti sajátértékek			Faktorelemzés utáni értékek			Rotált értékek		
	Sajátérték	Megmagyarázási arány %	Kumulált %	Sajátérték	Megmagyarázási arány %	Kumulált %	Sajátérték	Megmagyarázási arány %	Kumulált %
1	2,601	52,015	52,015	2,601	52,015	52,015	2,565	51,302	51,302
2	1,931	38,625	90,640	1,931	38,625	90,640	1,967	39,338	90,640
3	0,367	7,339	97,979						
4	0,073	1,459	99,438						
5	0,028	0,562	100,000						

Forrás: FADN adatok alapján saját számítás, SPSS

A főkomponens elemzés során azokat a főkomponens változókat tekinthetjük jelentősnek, amelyek sajátértéke nagyobb, vagy egyenlő egynél, vagy annyi főkomponenst, amennyi együttesen az összes varianciának legalább a 80%-át magyarázza. Jelen esetben az első két főkomponens tekinthető jelentősnek (21. táblázat). Az első főkomponens magyarázza a megfigyelési változók rotálás utáni varianciájának 51,30%-át, a második főkomponens pedig a 39,34%-át. Az elemzés során az információ 9,36%-a veszik el az eredeti adatállományból.

22. táblázat: Rotált főkomponensek mátrixa

Mutatók	Komponensek	
	1	2
Eszközarányos jövedelmezőség (ROA)	-0,029	0,993
Saját tőke arányos jövedelmezőség (ROE)	0,095	0,988
Energianövény termelés területének aránya	0,929	-0,008
Energianövény termelés árbevételének aránya	0,969	0,063
Egy ha-ra jutó energianöv. term. árbevétele	0,868	0,036

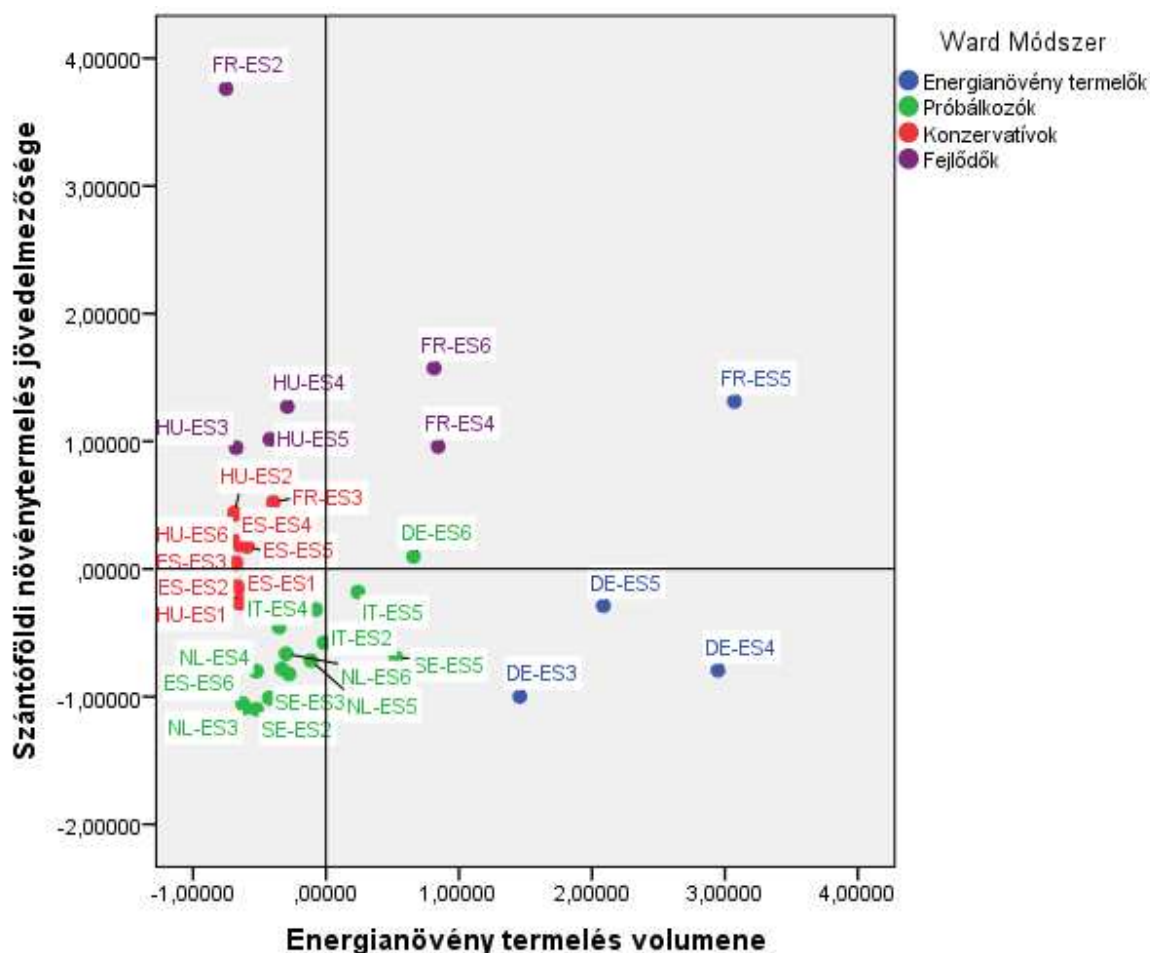
Forrás: FADN adatok alapján saját számítás, SPSS

A 22. táblázat a rotálás utáni főkomponens-súlyokat mutatja. Az elemzés során két jól értelmezhető főkomponens jött létre. Az első főkomponenst az energianövény termelés területének aránya, az energianövény termelésből származó árbevétel aránya és az egy hektárra jutó energianövény termelés árbevétele mutatók határozzák meg jelentős mértékben. A változókhoz azonos előjelű főkomponens koefficiensek tartoznak, ami azt jelenti, hogy egymással pozitívan függnek össze, vagyis, ha az egyik változó átlag feletti értéket vesz fel, akkor a másik két változó is átlag feletti lesz. A második főkomponensnek a jövedelmezőségi mutatókkal való kapcsolata tekinthető jelentősnek. Ennél a főkomponensnél is pozitívan függ össze a két főkomponens koefficiens. Az első főkomponenst az energianövény termelés volumenének, a második főkomponenst a szántóföldi növénytermelés jövedelmezőségének neveztem el.

A főkomponens elemzés eredményén klaszterelemzést végeztem. Az osztályok egyesítése Ward módszerrel történt. A Ward-féle eljárás gyakori variancia módszer. Ennél a csoportosítási módszernél az SPSS program minden klaszterre kiszámolja az összes változó átlagát, majd minden megfigyelési egységre kiszámítja a négyzetes euklideszi távolságot. A távolságokat minden megfigyelési egységre összegzi és minden lépésnél azt a két klasztert vonja össze, amelyeknél a klaszteren belüli szórásnégyzet a legkisebb (SAJTOS – MITEV, 2007). Ez a módszer négyzetes euklideszi távolság számítást követel meg és kevésbé érzékeny a hibás adatokra, valamint a kiugró értékekre.

A klaszterelemzés elvégzése előtt megvizsgáltam, hogy a két főkomponens esetében vannak-e eredményt torzító értékek. Az elemzés boxplot ábrája a 7. mellékletben található. A kiugró és extrém elemeket ebben az esetben sem zártam ki az elemzésből, hogy a teljes sokaság elemeiből kerüljenek kialakításra az egyes klaszterek.

A 39. ábra a vizsgálatba bevon országok méretkategóriáinak, mint változóknak az első két főkomponens szerinti klaszterelemzését mutatja.



39. ábra: A vizsgált országok méretkategóriáinak klaszterei

Forrás: FADN adatok alapján saját számítás, SPSS

A kapott eredményekből négy klasztert képeztem. Az elemzés során az euklideszi távolságmérték miatt nem képződött egyértelműen olyan klaszter, amely esetében mindkét főkomponens értéke a pozitív tartományba esne. Az egyes klasztereket a jövedelmezőség és az energianövény termelés volumenének nagysága szerint a 23. táblázat szerinti elnevezésekkel illettem.

23. táblázat: A klaszterelemzés eredménye

Bevont változók	1. klaszter	2. klaszter	3. klaszter	4. klaszter
Energianövény termelés volumene (Főkomponens 1)	magas	átlagos	alacsony	átlagos
Szántóföldi növénytermelés jövedelmezősége (Főkomponens 2)	átlagos	alacsony	átlagos	magas
Elnevezés	<i>Energianövény termelők</i>	<i>Próbálkozók</i>	<i>Konzervatívok</i>	<i>Fejlődők</i>

Forrás: Saját szerkesztés

Az egyes gazdaságok méretkategóriáinak klaszterekbe való besorolását tartalmazza a 24. táblázat.

24. táblázat: A vizsgált országok méretkategóriáinak klaszterekbe való besorolása

Országok	Méretkategóriák	1. klaszter	2. klaszter	3. klaszter	4. klaszter
Németország	ES3	X			
	ES4	X			
	ES5	X			
	ES6		X		
Spanyolország	ES1			X	
	ES2			X	
	ES3			X	
	ES4			X	
	ES5			X	
	ES6		X		
Franciaország	ES2				X
	ES3			X	
	ES4				X
	ES5	X			
	ES6				X
Magyarország	ES1			X	
	ES2			X	
	ES3				X
	ES4				X
	ES5				X
	ES6			X	
Olaszország	ES1		X		
	ES2		X		
	ES3		X		
	ES4		X		
	ES5		X		
	ES6			X	
Hollandia	ES3		X		
	ES4		X		
	ES5		X		
	ES6		X		
Svédország	ES2		X		
	ES3		X		
	ES4		X		
	ES5		X		

Forrás: Saját szerkesztés

Jelölések: **X** – Kisméretű gazdaságok, **X** – Közepes méretű gazdaságok, **X** – Nagyméretű gazdaságok

A négy klaszter jellemzői a következők a koordináta-rendszerben való elhelyezkedésük alapján:

Energianövény termelők: Az első klaszterbe jellemzően azok az üzemek kerültek, amelyeknél magas az energianövény termelés volumene és átlagos a szántóföldi növénytermelés

jövedelmezősége. Ebbe a klaszterbe azok a gazdaságok kerültek, amelyek az energianövény termelés volumene főkomponens esetében kiugró értéknek számítanak, tehát a többi méretkategóriához mérten extrém magas ezen gazdaságok esetében az energianövény termelés mértéke. Németország közepes és nagyméretű üzemei és Franciaország nagyméretű üzemei kerültek ebbe a klaszterbe.

Próbálkozók: A második klaszterbe jellemzően azok az üzemek kerültek, amelyek alacsony jövedelmezőséggel rendelkeznek ugyan, de kismértékben foglalkoznak energianövény termeléssel is. Ezek az üzemek a többféle célra történő értékesítéssel próbálják meg növelni jövedelmezőségüket, vagy esetleg saját célra, energiakinyerés céljából termesztik azokat. A legtöbb üzemméret ebbe a klaszterbe került, például Olaszország és Svédország kicsi és közepes méretű üzemei, valamint Hollandia közepes és nagyméretű üzemei.

Konzervatívok: A harmadik klaszterbe jellemzően azok az üzemek kerültek, melyeknél a szántóföldi növénytermelés jövedelmezősége elfogadható, de nem foglalkoznak energianövény termeléssel. Ebbe a klaszterbe kerültek például Magyarország kisméretű üzemei és Spanyolország üzemei az ES6 méretkategóriát kivéve.

Fejlődők: A negyedik klaszterbe azok az üzemek kerültek melyek esetében magas a szántóföldi növénytermelés jövedelmezősége, de az energianövény termelés volumene nem minden klaszter elem esetében magas. Ebbe a klaszterbe csak francia és magyar üzemek kerültek. Mindkét országban kiemelkedően magas a gabonafélék és az olajos magvak önellátottsági szintje, ezért az energianövényként felhasznált szántóföldi növények volumenének növelése nem veszélyezteti az élelmezésbiztonságot.

25. táblázat: A klaszterek klasztercentroidjai és szórásai

Ward módszer		Energianövény termelés volumene	Szántóföldi növénytermelés jövedelmezősége
1	Átlag	2,3906456	-0,1924986
	Elemsszám	4	4
	Szórás	0,76109313	1,04673731
2	Átlag	-0,1837445	-0,6781132
	Elemsszám	15	15
	Szórás	0,39414265	0,34673169
3	Átlag	-0,6321021	0,1412225
	Elemsszám	10	10
	Szórás	0,08769225	0,27804807
4	Átlag	-0,0808990	1,5882445
	Elemsszám	6	6
	Szórás	0,72334627	1,09121571
Összesen	Átlag	0,0000000	0,0000000
	Elemsszám	35	35
	Szórás	1,00000000	1,00000000

Forrás: FADN adatok alapján saját számítás, SPSS

A klasztercentroidok alapján a 4. klaszterbe tartozó országok üzemei állnak a legközelebb ahhoz a feltevéshez, mely szerint a magas energianövény termeléshez magas jövedelmezőség is párosul (25. táblázat). A klaszter viszont nem tekinthető túl homogénnek, mert a szórása magas.

POPP (2007) szerint a biomassa energetikai célú hasznosítása általában csak meghatározott szállítási távolságokon belül helyes és indokolt a magas szállítási költségek miatt. Ezt támasztja alá a Magyar Tudományos Akadémia Pannonia Ethanol Zrt. dunaföldvári bioetanol-üzemére készített kérdőíves felmérésen alapuló 2016. évi tanulmánya is, mely szerint az üzemhez közelebb lévő termelők magasabb felvásárlási árat érhetnek el, mint a távolabb lévők, mert az elhelyezkedésből adódó növekvő szállítási költségek ellensúlyozzák a magasabb felvásárlási árakat (KOÓS et al., 2016).

A gabonából előállított bioüzemanyagok jövedelmezőségét alapvetően négy fő tényező határozza meg, ebből a legfontosabb a bioüzemanyagok alapanyagának és a fosszilis üzemanyagok árának alakulása. A nyereséget befolyásolja még az előállítás során keletkezett melléktermékek ára és a bioüzemanyag előállításához felhasznált energia költsége. Az alapanyagok és az előállításához felhasznált energia árának növekedése csökkenti, míg a melléktermékek árának és a fosszilis üzemanyagok árának növekedése javítja a bioüzemanyagok versenyképességét. A bioüzemanyag-termelés legnagyobb költségtényezője az előállításához felhasznált nyersanyag ára (POPP, 2007).

A klaszterelemzés eredményeként megállapítható, hogy az energianövény termelés nem feltétlenül jár magasabb jövedelmezőséggel, inkább a gazdák jövedelemkiegészítésére szolgál, mert az élelmezésen és takarmányozáson felül keletkező terméstopplett energetikai célokra értékesíthetővé válik. A H2.2 hipotézisemet ezért elvetem. Az eredményeket azonban óvatosan kell kezelni, mert az FADN adatbázisa nem az összes bioüzemanyag-gyártásra felhasznált szántóföldi növény mennyiségét tartalmazza, hanem csak az adatot szolgáltatató üzemekét. Ennek ellenére a főkomponens- és a klaszterelemzés jól használható módszernek bizonyul a szántóföldi növénytermelés jövedelmezőségének és az energianövény termelés kapcsolatának elemzésére.

4.1.5 A földhasználat-változás elemzése

Az első generációs biohajtóanyagok egyre nagyobb mennyiségű előállítása a mezőgazdasági termékek iránti kereslet élénkülését eredményezheti. A többlettermelést a mezőgazdasági terület, vagy a hozamok növelésével lehet elérni (LÁSZLÓK, 2016). A többlettermelés miatti földhasználat-változás megvalósulhat közvetlenül, amikor a mezőgazdasági művelés alá vont területet közvetlenül a bioüzemanyag alapanyagának előállításához köthetően használják, illetve megvalósulhat közvetetten is. A közvetett földhasználat-változás olyan területekre vonatkozik, amelyek felhasználása alapvetően megváltozott a korábbi használatból. Például egy erdőterületet azért vágnak ki, hogy a helyén bioüzemanyag alapanyagokat termeljenek. Az élelmiszer-láncból kiesett területet és az ott termelt terményt pótolni kell máshol, akár más kontinensen, így a földhasználat változása máshol következik be.

POPP – BAI (2018) szerint a globális szántó- és ültetvényterület mintegy 2%-át (32 millió hektárt) használja fel a bioüzemanyag-ipar. A felhasznált nyersanyag egy része viszont takarmányként visszakerül az állattenyésztéshez, ezért az energianövények nettó globális földhasználata 1,5%-ra tehető.

TAKÁCS-GYÖRGY – TAKÁCS (2012) már vizsgálta a gabona földhasználatának és termelési szintjének változását az Európai Unióban 1999 és 2009 között. A szerzők tanulmányukban megállapították, hogy a mezőgazdasági és a szántóterületek aránya csökkenést mutatott az EU-ban, a gabonafélék aránya és hozama pedig nőtt a vizsgált időszakban. Bár a biomasszatermelés földhasználatváltozásra való hatása nem volt a tanulmány célja, a szerzők megemlítik, hogy az ipari növények termelési struktúráján belüli bővülése érzékelhető az EU-ban. FEHÉR – KISS (2013) eredményei szerint az EU-27 gabonatermesztésbe vont területei enyhe csökkenést mutatnak a

2000 és 2010 közötti időszakban, ennek a csökkenésnek a hátterében pedig főként a repce, mint olajos növény felfutása áll.

Az Európai Unióban 2000 és 2016 év között nőtt az erdőterületek nagysága, viszont a legelők mezőgazdasági területhez viszonyított aránya 2005 évhez képest 2,01%-kal visszaesett. Az Európai Bizottság 2017. évi eredményjelentése szerint a legelők megfogyatkozása és a bioüzemanyagok előállítására használt szántóterület növekedése között közvetlen ok-okozati összefüggést az EU egészségében nem lehetett megállapítani (EC, 2017).

A 2015. évi tagállami jelentésekben azonban több ország (pl. Olaszország és Svédország) is jelezte, hogy adatgyűjtés hiányában az energetikai célra felhasznált földterületekről csupán becsült adatok állnak rendelkezésükre, ezért a földhasználat tényleges változása az egyes tagállamokban csak nehezen megállapítható. Németországban a 2015. évi előrehaladási jelentésben megadott adatok alapján az energetikai célra felhasznált földterület az országban 31%-kal növekedett 2009. évhez képest (PROGRESS REPORT GERMANY, 2015).

26. táblázat: A szántóterület és a betakarított területek változásának aránya 2004 és 2016 között (%)

Ország	Év	Szántó rész	Búza rész	Kukorica rész	Napraforgó rész	Repce rész
DE	2004-2008	33,312	26,237	3,748	0,227	11,728
DE	2012-2016	33,127	26,843	4,014	0,175	11,448
DE	Változás (%)	-0,555	2,310	7,097	-22,907	-2,387
ES	2004-2008	25,222	16,057	3,080	5,058	0,071
ES	2012-2016	24,368	17,421	3,301	6,190	0,423
ES	Változás (%)	-3,386	8,495	7,175	22,380	495,775
FR	2004-2008	33,379	28,910	9,025	3,335	7,426
FR	2012-2016	33,421	29,379	9,268	3,572	8,287
FR	Változás (%)	0,126	1,622	2,693	7,106	11,594
HU	2004-2008	49,388	24,447	25,565	11,265	3,664
HU	2012-2016	46,615	24,713	27,533	13,981	4,702
HU	Változás (%)	-5,615	1,088	7,698	24,110	28,330
IT	2004-2008	25,091	28,542	14,449	1,694	0,079
IT	2012-2016	22,484	27,849	12,201	1,701	0,212
IT	Változás (%)	-10,390	-2,428	-15,558	0,413	168,354
NL	2004-2008	26,167	13,111	1,920	n.a.	0,237
NL	2012-2016	24,821	13,899	1,227	n.a.	0,243
NL	Változás (%)	-5,144	6,010	-36,094	n.a.	2,532
SE	2004-2008	5,899	13,850	n.a.	n.a.	3,262
SE	2012-2016	5,795	15,816	n.a.	n.a.	3,943
SE	Változás (%)	-1,763	14,195	n.a.	n.a.	20,877

Forrás: FAOSTAT adatok alapján saját szerkesztés

A 26. táblázatban a vizsgált országok teljes területéhez viszonyított szántóterületének aránya, valamint a búza, a kukorica, a napraforgó és a repce betakarított területének a szántóterülethez viszonyított aránya látható. Franciaország kivételével a szántóterület arányában kismértékű csökkenés figyelhető meg a vizsgált országok esetében. Ez nagyrészt az urbanizációnak köszönhető, mert az utak és épületek létrehozásához kisebb-nagyobb területrészeket vonnak ki művelés alól. A FAOSTAT adatbázisa szerint Franciaország esetében csekély mértékű növekedés következett be a szántóterület teljes területéhez viszonyított arányában. A statisztikai adatok szerint a francia szántóterület a 2012-2016 közötti évek átlagában az ország területéhez viszonyítva 33,42% volt, a Megújuló Energia Irányelv elfogadását megelőző 2004-2008-as időszak átlagához viszonyítva 0,13% ponttal, 23.124 hektárral növekedett.

Németországban a bioetanolt egyenlő arányban búzából és kukoricából állítják elő, a biodízel alapanyaga a repce. Az országban a napraforgó termesztése csekély mértékű. A RED irányelv elfogadása előtti időszakhoz viszonyítva a kukorica betakarított területének aránya a szántóterület nagyságához viszonyítva 7,10%-kal, a búza területének aránya pedig 2,31%-kal növekedett, míg az olajnövények betakarított területének aránya csökkent a 2012-2016 évek átlagában, annak ellenére, hogy Németországban több biodízelt állítanak elő, mint bioetanolt.

Spanyolországban búzát és napraforgót termelnek nagyobb mennyiségben. Az országban 2009-től több biodízelt állítanak elő, mint bioetanolt, ami jól látható az olajnövények betakarított területének változásán. A repce betakarított területe 2004-ben még mindössze 5.512 ha volt, ami 2016-ra 75.510 ha-ra növekedett. A napraforgó betakarított területének részaránya 22,38% ponttal nőtt a 2012-2016 közötti időszakban. A búza és a kukorica betakarított területe is növekedett a RED irányelv elfogadása utáni időszak átlagában.

Spanyolországhoz hasonlóan Franciaországban is több biodízelt állítanak elő, mint bioetanolt, ami szintén jól látható a betakarított területek arányának változásán. A repce és napraforgó betakarított területe nagyobb arányban növekedett a 2012-2016 évek átlagában, mint a búza és a kukorica betakarított területének aránya. A 2018. évi előrehaladási jelentés szerint Franciaországban a bioetanol előállítására felhasznált kukoricát és búzát 212 ezer ha-on, míg a biodízel alapanyagául szolgáló olajnövényeket körülbelül 1.000 ezer ha területen termesztették meg.

Magyarországon a kukorica és a repce a belföldi bioüzemanyag-gyártás fő alapanyaga. A kukorica betakarított területe a 2004-2008 közötti időszak átlagához képest 7,70% ponttal növekedett, a búza betakarított területében nem volt jelentősebb változás. A repce betakarított területe a RED irányelv elfogadását követő időszak átlagában 28,33% ponttal, a napraforgó betakarított területe átlagosan 24,11% ponttal növekedett. Az intenzív területnövekedés ellenére a repce csupán a szántóterület 5%-át, a napraforgó pedig a szántóterület 14%-át foglalta el.

A vizsgált országok közül Olaszországban csökkent a legnagyobb arányban, több mint 10% ponttal a szántóterület nagysága. A búza vetésterületének aránya csekély mértékben, míg a kukorica vetésterületének aránya 15,56% ponttal csökkent a 2012-2016 közötti öt éves időszakban. Olaszországban biodízelt állítanak elő nagyobb mennyiségben, ennek ellenére az olajnövények vetésterülete a szántóterülethez viszonyítva igen alacsonynak mondható. A napraforgó betakarított területe nem növekedett a 2012-2016 közötti évekre. A napraforgó mindössze a szántóterület 1,70%-át tette ki a vizsgált időszakban. A repce betakarított területe Olaszországban a Megújuló Energia Irányelv elfogadását követő évek átlagában több mint a duplájára növekedett, de még így is csupán a szántóterület 0,21%-át foglalta el.

Hollandiában az ország adottságai miatt igen alacsony a vizsgált növények termelésének mennyisége. Az országban a biodízel termelése a jellemzőbb, amit nagyrészt importál alapanyagokból és hulladékokból állítanak elő. A 2018. évi előrehaladási jelentés szerint Hollandiában a rendelkezésre álló szántóterületből 504 ezer ha-t használtak fel a bioüzemanyagok alapanyagának előállítására. A megtermelt repcét nem használták fel biodízel előállítására, míg a kukorica 12%-ából állítottak elő bioetanolt. Ennek ellenére a kukorica betakarított területe 36,09% ponttal csökkent a 2012-2016 évek átlagában, míg a repce betakarított területe 2,53% ponttal növekedett. A területnövekedés ellenére a repce csupán a szántóterület 0,24%-át foglalta el.

Svédországban a bioüzemanyagok nagyrészt erdészeti termékekből és melléktermékekből, valamint hulladékanyagokból állítják elő. A 2018. évi előrehaladási jelentés szerint bioüzemanyag előállítására csak korlátozott mennyiségben használtak fel az országban megtermelt energianövényeket, így azok termelése nem okozott földhasználat változást. Ennek ellenére

Svédországban a búza betakarított területének aránya 14,20%ponttal, a repce betakarított területének aránya pedig 20,88%ponttal növekedett a 2012-2016 közötti évek átlagában.

Megvizsgáltam, hogy az egyes országokban a meglévő szántóterületen hogyan változtak a legjellemzőbb szántóföldi növények hozamai 2004 és 2016 közötti években (27. táblázat).

27. táblázat: A vizsgált növények hozamának változása 2004 és 2016 között (kg/ha)

Ország	Év	Búza	Kukorica	Napraforgó	Repce
DE	2004-2008	7 577	9 120	2 247	3 760
DE	2012-2016	7 937	9 673	2 168	3 895
DE	Változás (%)	4,76	6,07	-3,52	3,58
ES	2004-2008	2 945	9 866	1 062	1 582
ES	2012-2016	3 003	11 279	1 083	2 196
ES	Változás (%)	1,97	14,31	2,06	38,83
FR	2004-2008	6 933	8 887	2 400	3 280
FR	2012-2016	6 975	8 750	2 170	3 341
FR	Változás (%)	0,61	-1,54	-9,56	1,88
HU	2004-2008	4 456	6 515	2 318	2 454
HU	2012-2016	4 566	5 844	2 472	2 780
HU	Változás (%)	2,48	-10,29	6,68	13,27
IT	2004-2008	3 663	9 296	2 211	1 986
IT	2012-2016	3 983	9 486	2 147	2 379
IT	Változás (%)	8,72	2,05	-2,90	19,81
NL	2004-2008	8 381	9 964	n.a.	3 856
NL	2012-2016	8 721	11 780	n.a.	3 397
NL	Változás (%)	4,07	18,23	n.a.	-11,91
SE	2004-2008	6 028	n.a.	n.a.	2 602
SE	2012-2016	6 471	n.a.	n.a.	3 149
SE	Változás (%)	7,35	n.a.	n.a.	21,02

Forrás: FAOSTAT adatok alapján saját szerkesztés

A búza hektáronkénti hozama Hollandiában a legmagasabb és Spanyolországban a legalacsonyabb. A 2012-2016 évek átlagában a búza hozama mind a hét vizsgált ország esetében növekedést mutat. A legkisebb hozamnövekedés Franciaországban következett be (0,61%), míg a legnagyobb hozamnövekedést Olaszország érte el (8,72%). A kukorica hozama Magyarország és Franciaország esetében csökkent. Franciaország esetében a csökkenés mindössze 1,54% volt, Magyarország esetében viszont meghaladta a 10%-ot, ami részben az időjárás kedvezőtlen alakulásának, részben pedig a nem megfelelő tápanyagellátásnak a következménye. Spanyolország és Hollandia a 2012-2016 közötti évek átlagában hektáronként több, mint 11.000 kg kukoricát takarított be. A napraforgó terméshozamát a talajok minősége határozza meg. Az átlagos hozamok a vizsgált országokban 1.000 és 2.400 kg/ha között mozognak. A RED irányelv elfogadása utáni évek átlagában a napraforgó hozamai jellemzően csökkentek a vizsgált országok esetében. A napraforgó hozama átlagosan csak Spanyolország (2,06%) és Magyarország (6,68%) esetében növekedett, a többi ország esetében átlagosan 3 és 10% közötti értékkel csökkent. A bioüzemanyag előállításra is felhasznált növények közül a legnagyobb hozamnövekedést a repce érte el. A repce átlagos hozama 1.500 és 3.800 kg/ha között mozgott. A legmagasabb hozamokat Németország, Hollandia, Franciaország és Svédország realizálta. A 2012-2016 közötti évek átlagában csak Franciaország repcehozama csökkent átlagosan 11,92%-kal, a többi ország repcehozama átlagosan 2 és 39% közötti értékkel növekedett.

Összességében a szántóterületek aránya csökkenést mutat a vizsgált országokban. A termelési struktúrában a búza, a napraforgó és a repce aránya, valamint a búza, a kukorica és a repce hozama nőtt a vizsgált időszakban, ezért a H2.3-as hipotézisem igazolást nyert.

4.2 Magyarország szántóföldi növénytermelésének üzemi szintű elemzése

Mivel a H2.1-es hipotézisem szerint közepesen erős szignifikáns kapcsolat van a magyarországi szántóföldi növénytermelés hatékonysága és az országban előállított hagyományos bioüzemanyagok mennyisége között, ezért üzemi szintű adatok segítségével is megvizsgáltam a szántóföldi növénytermelés hatékonyságának alakulását és kapcsolatát a bioüzemanyag termelés mennyiségével.

4.2.1 A teljes tényezős termelékenység elemzése Magyarországon Malmquist index segítségével

A Malmquist index a teljes tényezős termelékenység időbeli változásának számszerűsítésére alkalmas mutató. Output orientált Malmquist index segítségével vizsgáltam meg, hogy a szántóföldi növénytermelés támogatások nélkül számított termelékenységének változása összességében és méretkategóriánként hogyan alakult a vizsgált időszakban. Az output orientált Malmquist index az ugyanannyiból legtöbbet elv szerint jár el, vagyis a tényezőhatékonyság változását változatlan inputtényezők és változó output tényezők mellett számszerűsíti a vizsgált időszakban folyamatosan termelő üzemekre. Az AKI adatbázisában 304 olyan üzem szerepelt, amelyek a vizsgált időszak minden évében foglalkoztak alaptevékenységként szántóföldi növénytermeléssel, így egy év adatát a 304 üzem hatékonyságának mértani átlaga adja.

Output adatként az egyes üzemek összes árbevételét forintban, valamint a megtermelt termény mennyiségét kilogrammban használtam fel. Az input adatok között a vetésterület hektárban, az átlagos aranykorona érték Ark/ha-ban, a vetőmag, a műtrágya, a növényvédő szer, valamint a gépköltségek értéke forintban és a ledolgozott munkaórák száma szerepelt. A DEA módszeren alapuló Malmquist index nem igényli a hasonló mértékegységek alkalmazását, így nem szükséges az adatokat standardizálni. Az árváltozás kiszűrése érdekében a mezőgazdasági termelői árak indexével defláltam az input és output adatokat, 2004. évet bázisul véve.

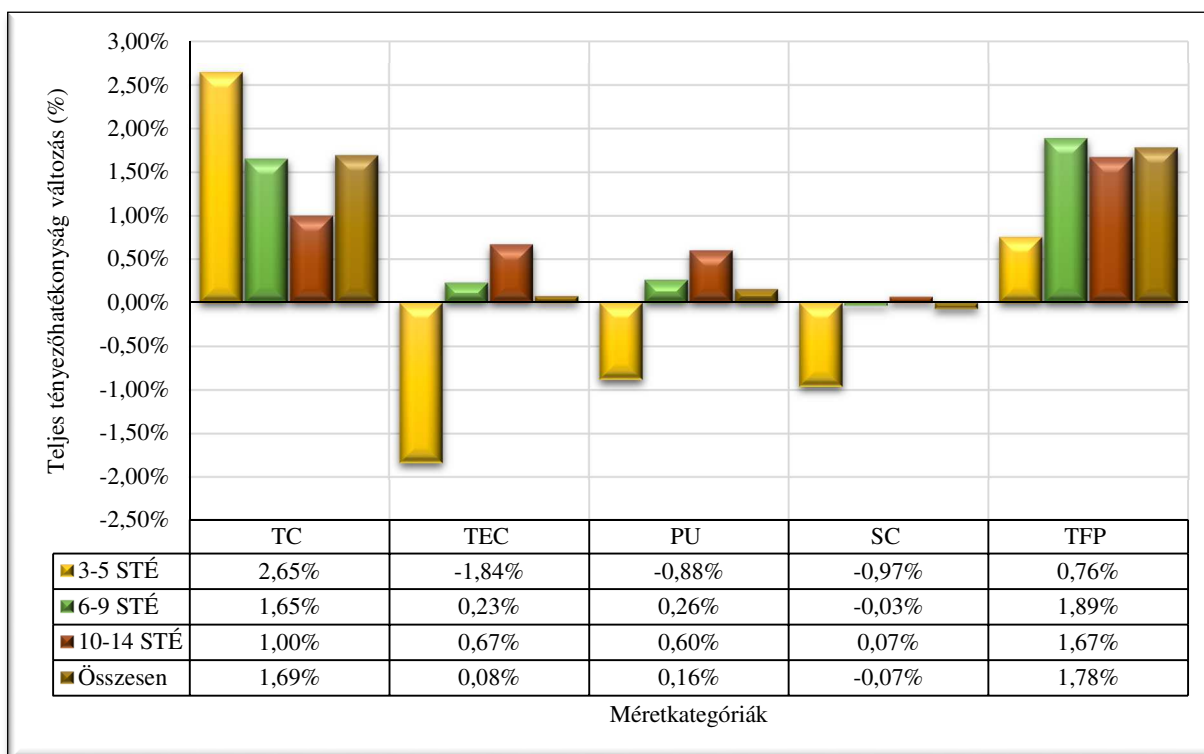
A technológiai fejlődés fogalma alatt azokat a termelés folyamatában, az idő függvényében bekövetkező változásokat értjük, amelyek azonos mennyiségű termelési tényező felhasználásával több terméket, vagy azonos mennyiségű terméket kevesebb termelési tényező felhasználásával hoznak létre. Technikailag ez a termelési függvény elmozdulásával mérhető. A technikai hatékonyság adott technikai és inputszintet feltételezve az aktuális és a potenciális kibocsátás hányadosaként határozható meg. A termelékenység változását az adott feltételek között optimálisnak tekintett termelési mérethez való közeledés, vagy távolodás is okozhatja, amit méretgazdaságosságnak, vagy skálahatékonyságnak is nevezünk. A modell negyedik tényezője a tiszta technikai hatékonyságváltozás, ami a termelési függvény illesztését teszi pontosabbá (BARÁTH, 2010) és a korábban még figyelembe nem vett hatékonysági eltéréseket tartalmazza (FARKASNÉ et al., 2008).

A szántóföldi növénytermelés teljes tényezős termelékenységének évenkénti alakulását méretkategóriákra és összesen a 8. melléklet tartalmazza. A teljes tényezőhatékonyság változásában évenként jelentős ingadozások figyelhetők meg, ami alapvetően az időjárás változásának tulajdonítható. Ezt a hatást már BARÁTH et al. (2009) is azonosították tanulmányukban. Az üzemek teljesítménye az időjárástól függően nagymértékű szóródást

mutathat, ami kedvező időjárási viszonyok esetén könnyen egyes termékek túltermeléséhez vezet. A növények többségénél 2008. és 2014. évben a kedvező időjárási feltételeknek köszönhetően a magasabb hozamok miatt magasabb volt a TFP értéke, míg 2007. és 2012. évben a kedvezőtlen időjárás miatti alacsony hozamok okozták a TFP értékének csökkenését. Kedvezőbb időjárási feltételek között az egyébként gyengébb üzemek is közelebb kerülnek az adott technológiai színvonal mellett potenciálisan elérhető kibocsátáshoz. Kevésbé kedvező időjárás esetén viszont megnövekszik az üzemek technikai hatékonysága közötti különbség, és ennek köszönhetően az átlagos TFP érték az előző évi értékhez képest nagyobb eltérést is mutathat. Az időjárási kockázat mellett az üzemek rendelkezésére álló inputok és outputok ára és mennyisége is befolyásolja a TFP alakulását. 2009-ben az előző évekhez képest magasabb inputárak és az alacsonyabb hozamok hatására csökkent a TFP értéke.

A kedvezőtlen időjárási hatásokat a TFP számítása során háromtagú mozgóátlagolással simítottam ki. Mozgóátlagolás után a vizsgált időszakban a TFP és összetevőinek általános tendenciája ugyan az maradt, csak az évenkénti zavaró hatások kerültek kiszűrésre az idősből. A vizsgált időszakban a magyarországi szántóföldi növénytermelés teljes tényezős termelékenységének éves növekedési ütemét mutatja a 40. ábra méretkategóriákra és a teljes szántóföldi növénytermelésre összesen.

40. ábra: A szántóföldi növénytermelés teljes tényezős termelékenységének éves növekedési üteme Magyarországon 2004-2015 között (%)



Forrás: TR adatok alapján saját számítás, DEAP

A folyamatosan szántóföldi növénytermelési tevékenységet végző üzemek teljes tényezős termelékenysége 1,78%-kal javult a vizsgált időszakban. Ezt a növekedést az élvonalbeli gazdaságok 1,69%-os teljesítményjavulása, valamint a követő gazdaságok 0,08%-os technikai hatékonyságjavulása okozta. A technikai hatékonyság változását kismértékű méretcsökkenés (-0,07%) és a termelési tényezők 0,16%-kal hatékonyabb felhasználása okozta.

Az egyes méretkategóriák tekintetében a 3-5 STÉ-vel rendelkező üzemek TFP-je növekedett a legkisebb mértékben. Ugyanakkor ennél a méretkategóriánál volt a legmagasabb a termelés

hatékonyságának javulása (2,65%). Ezt a hatékonyságjavulást a követő gazdaságok nem tudták produkálni. Az új technológiákra való lassabb áttérés 1,84%-kal csökkentette a teljes tényező termelékenységet. Ezt a csökkenést szinte azonos súllyal okozta a termelés méretének csökkenése és a tiszta technikai hatékonyság mutatójának csökkenése.

A 6-9 STÉ-vel rendelkező üzemek termelékenysége (1,89%) javult a legnagyobb mértékben a vizsgált méretkategóriák közül. Ezt a növekedést 1,65%-ban az élvonalbeli üzemek teljesítményének javulása, valamint 0,23%-ban a követő üzemek technológiai hatékonyságának javulása okozta. A 6-9 STÉ-vel rendelkező üzemek méretgazdaságossága a másik két méretkategóriához viszonyítva szinte alig változott, míg a termelési tényezők optimálisabb felhasználásából és a menedzsment felkészültségéből adódó hatékonyság javulás 0,26% volt.

A 10-14 STÉ-vel rendelkező üzemek teljes tényező termelékenysége 1,67%-kal növekedett. Az ebbe a méretkategóriába tartozó élvonalbeli üzemek hatékonysága javult a legkisebb mértékben (1,00%), viszont az új technológiákra való áttérésekből adódó technikai hatékonyságváltozás ennél a méretkategóriánál volt a legmagasabb (0,67%). Ez a hatékonyságjavulás 0,07%-ban a mérethatékonyság növekedésének és 0,60%-ban a tiszta technikai hatékonyságváltozás növekedésének volt köszönhető. A menedzsment felkészültségéből adódó hatékonyságváltozás ennél a méretkategóriánál volt a legmagasabb.

Magyarországon a folyamatosan szántóföldi növénytermeléssel foglalkozó üzemek termelékenysége kismértékű javulást mutat a vizsgált időszakban. A közepes méretű szántóföldi növénytermelő üzemek termelékenysége alakult a legkedvezőbben, míg a kisméretű élvonalbeli üzemek termelési szintje került közelebb az adott technológia által maximálisan elérhető termelési lehetőségek határához. A nagyméretű üzemek viszont sokkal jobban ki tudták használni a rendelkezésükre álló termelési tényezőket. A menedzsment felkészültsége, képzettsége magasabb volt, szemben a kisméretű üzemekkel, melyek jelentősen lemaradtak a technológia fejlesztésében.

A Malmquist index segítségével számszerűsített 1,78%-os érték aggregáltan tartalmazza a folyamatosan szántóföldi növénytermelési tevékenységet végző üzemek termelékenységének növekedését 2004 és 2015 közötti időszakra. A bioüzemanyag termelés növekedése mellett számos más tényező is hozzájárult a szántóföldi növénytermelés termelékenységének növekedéséhez, mint például a termelési szerkezet változása, a megtermelt termények felhasználási módjának változása, valamint az egyéb gazdasági folyamatok alakulása.

28. táblázat: A gabonafélék főbb felhasználási módjának alakulása Magyarországon (%)

Felhasználás módja	2013	2014	2015	2016	2017	Átlag	Átlagos éves növekedési ütem
Ipari feldolgozás	15,13	13,78	14,88	17,10	16,94	15,22	2,87
- Ebből belföldi élelmezés	9,67	8,02	7,84	7,48	7,21	8,25	-7,07
- Ebből nem élelmezésre	5,46	5,76	7,05	9,62	9,73	6,97	15,54
Takarmányfelhasználás	18,78	16,31	15,57	14,71	13,78	16,35	-7,44
Kivitel	26,50	22,37	27,07	21,40	27,95	24,33	1,34

Forrás: KSH, 2019

A Magyarországon megtermelt gabonafélék felhasználásának változását mutatja a 28. táblázat. Az egyes években a Magyarországon rendelkezésre álló gabonamennyiségből átlagosan 15% élelmiszer és ipari célú felhasználásra, 16% takarmányozásra és 24% export célokra került felhasználásra, a maradék pedig készletre került. Az állatállomány csökkenésével az 1990-es évek óta a gabonafélék takarmányozási célú felhasználása csökkent, valamint az élelmiszer célú felhasználás is csökkenő tendenciát mutat. Növekedés csak az ipari célú felhasználásban és az

export mennyiségében következett be, tehát a termelékenység növekedése alapvetően ennek a két tényezőnek volt köszönhető. Az ipari felhasználás növekedésének nagyobb hatása volt a termelékenység növekedésére, mint az export növekedésének. Az exportált gabona egy része valószínűleg szintén bioüzemanyag előállításra került felhasználásra, de erre vonatkozóan nem állnak rendelkezésre adatok.

29. táblázat: Az energetikai célra felhasznált kukorica és repce arányának alakulása Magyarországon 2009 és 2016 között

Megnevezés	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Átlag
Kukorica összes termés (1000 t)	7 528	6 985	7 992	4 763	6 756	9 315	6 633	8 730	7 338
Repce összes termés (1000 t)	579	531	527	415	533	700	590	925	600
Kukorica energetikai célú felhasználása (1000 t)	400*	430*	400*	700*	1 000*	1 000*	1 253	1 350	817
Repce energetikai célú felhasználása (1000 t)	550*	550*	225*	210*	380*	380*	338	325	370
Energetikai célra felhasznált kukorica aránya (%)	5,31	6,16	5,01	14,70	14,80	10,74	18,89	15,46	11,13
Energetikai célra felhasznált repce aránya (%)	94,93	103,65	42,72	50,65	71,36	54,31	57,16	35,14	61,63

* Becsült adat

Forrás: FAOSTAT adatok és az előrehaladási jelentések adatai alapján saját szerkesztés

A 29. táblázat az energetikai célra felhasznált kukorica és repce mennyiségét és az összes terméshez viszonyított arányát mutatja. Az előrehaladási jelentésekben 2014-ig csak becsült adatok álltak rendelkezésre a kukorica és a repce energetikai célú felhasználására vonatkozóan. Az energetikai célra felhasznált kukorica aránya 2009-hez képest háromszorosára növekedett, míg a repce energetikai célú felhasználása átlagosan 61,63% volt. Véleményem szerint a repce energetikai célú felhasználását 2009-ben és 2010-ben jelentősen túlbecsülték, mert ekkora mennyiséghez importált alapanyagot is fel kellett használnia a biodízelt előállító üzemeknek.

A szántóföldi növénytermelés termelékenységének növekedésére az ipari felhasználásnak volt a legnagyobb a hatása. Az ipari célú felhasználás a bioüzemanyag termelés mellett egyéb ipari tevékenységeket is tartalmaz. Mivel a bioüzemanyag termelés mennyisége Magyarországon jelentősen megugrott 2008 után (3. melléklet), ezért azzal a feltételezéssel élek, hogy a termelékenység növekedéséhez jelentősen hozzájárult a bioüzemanyagok előállítása. Mindezeket figyelembe véve a H3 hipotézisemet elfogadottnak tekintem.

4.2.2 A szántóföldi növénytermelés relatív hatékonyságának alakulása Magyarországon

A burkolófelület elemzés (DEA) az üzemek hatékonyságát az input és output adatok alapján egymáshoz képest, az élvonalbeli gazdaságokhoz viszonyítva méri és a ki nem aknázott hatékonysági tartalékokat adja eredményül, ezért a vizsgálatba minden alaptervékenységként szántóföldi növénytermelést végző üzemet bevontam és így határoztam meg a technikai hatékonyságot és a mérethatékonyságot. Ebben az esetben is output adatként az egyes üzemek összes árbevételét forintban, valamint a megtermelt termés mennyiségét kilogrammban használtam fel. Az input adatok között a vetésterület hektárban, az átlagos aranykorona érték Ark/ha-ban, a vetőmag, a műtrágya, a növényvédő szer, valamint a gépköltségek értéke forintban és a ledolgozott munkaórák száma szerepelt.

Technikai értelemben az az üzem tekinthető hatékonynak, amelynek termelése eléri a termelési lehetőségek határát, azaz azt a termelési szintet, amelynél az adott időpontban elérhető technológia használatával nem lehetséges többet termelni. Ezt a szintet a technikai értelemben véve nem hatékony üzemek két különböző módon érhetik el: az input szintet változatlanul hagyva növelik kibocsátásukat, vagy az output szintet nem változtatva csökkentik a felhasznált inputok volumenét (BARÁTH – FERTŐ, 2012).

Számításaim során arra voltam kíváncsi, hogy az üzemek meglévő inputjaik mellett mennyivel tudnák növelni a megtermelt termény mennyiségét és az árbevételüket, ezért az output orientált számítási módszert végeztem el. A DEA módszer nem igényli a hasonló mértékegységek alkalmazását, így nem szükséges az adatokat standardizálni. Az árváltozás kiszűrése érdekében ebben az esetben is a mezőgazdasági termelői árak indexével defláltam az input és output adatokat, 2004. évet bázisul véve. A 30. táblázat mutatja a vizsgálatba bevont üzemek számát.

30. táblázat: A mintában szereplő üzemek száma (db)

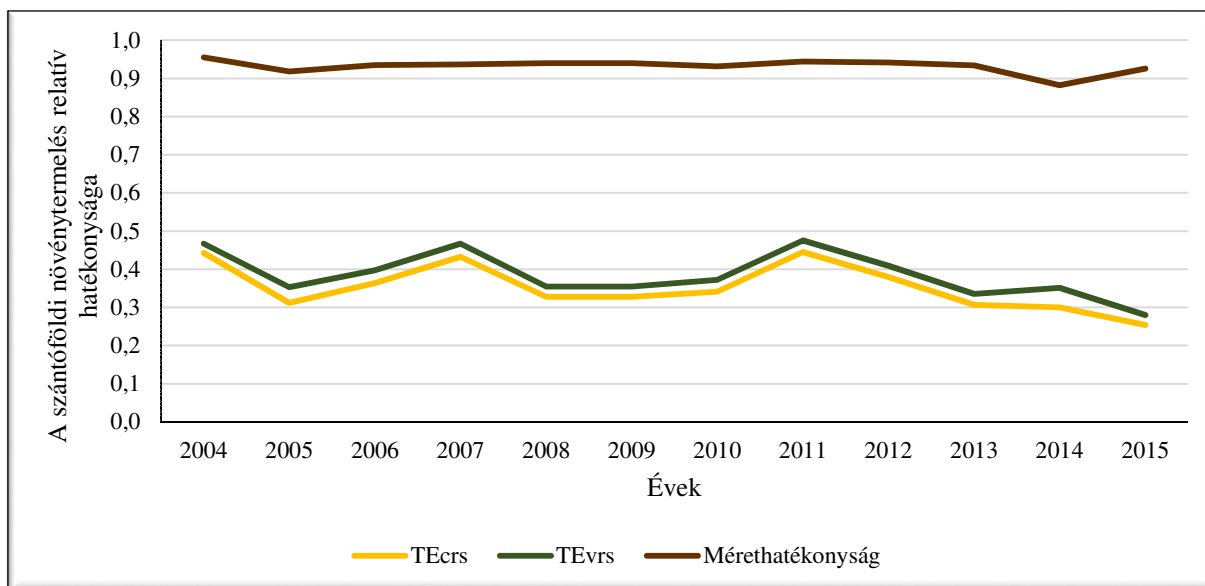
Megnevezés	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Összes üzem soros adat növényenként	1453	1543	1717	1955	2143	2159	2155	2178	2226	2426	2591	2781
Szántóföldi növénytermelő gazdaságok száma összesen	515	545	574	634	674	690	708	718	773	784	806	824
- ebből búzát termelő gazdaságok száma	399	398	430	472	515	529	536	526	570	610	603	614
- ebből kukoricát termelő gazdaságok száma	348	379	403	399	451	473	491	542	496	573	578	601
- ebből napraforgót termelő gazdaságok száma	230	271	288	312	342	352	353	387	447	437	442	495
- ebből repcét termelő gazdaságok száma	57	69	126	225	248	232	221	217	134	193	239	240
- ebből energianövényt termelő gazdaságok száma	na.	na.	2	4	6	14	6	5	4	9	7	3

Forrás: AKI, Ágazati költség- és eredményelszámolás

Az alaptevékenységként szántóföldi növénytermelést végző gazdaságok száma a vizsgált időszakban folyamatosan növekvő tendenciát mutat. A vizsgált időszak végére a gazdaságok száma 60%-kal növekedett. Az általam vizsgált növényeket termelő üzemek száma is folyamatosan növekvő tendenciát mutat. A búzatermelő üzemek száma 2015. évre 54%-kal, a kukoricatermelő üzemek száma 72 %-kal, a napraforgót termelő üzemek száma 115%-kal növekedett 2004. évhez képest. A legnagyobb növekedés a repcét termelő üzemek számában következett be, ahol a növekedés mértéke 321% volt.

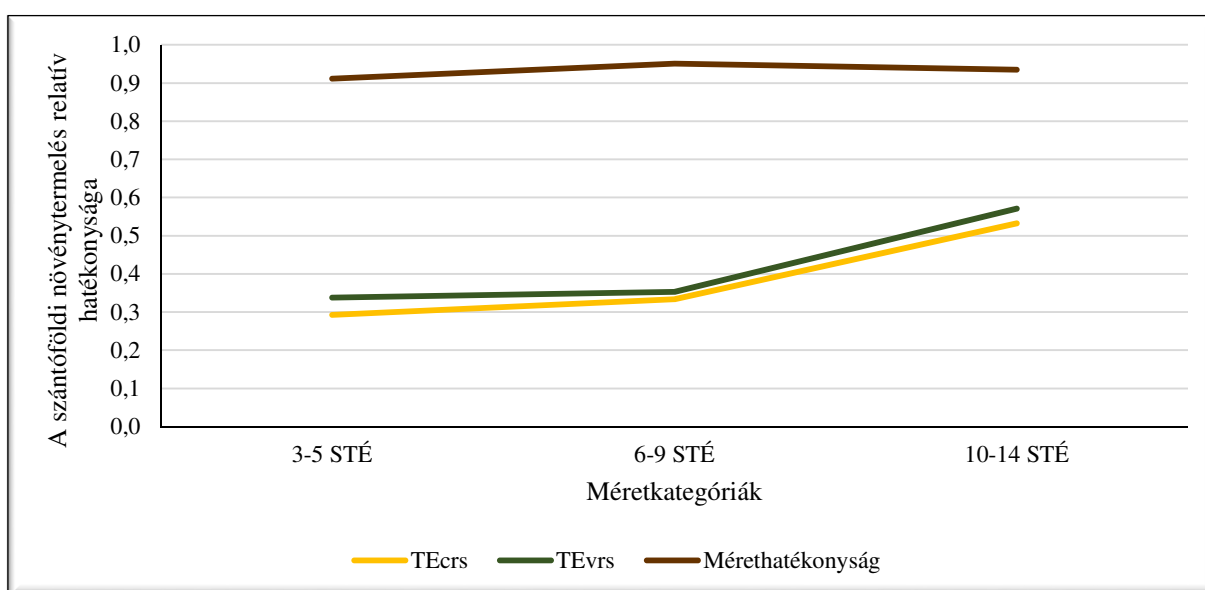
Az AKI az Ágazati költség és eredményelszámolás adatbázisában 2006. évtől kezdve energianövény termeléssel kapcsolatos adatokat is gyűjt. A szántóföldi növények termelésekor a termelő többnyire még nem tudja, hogy élelmezési, takarmányozási, vagy energetikai célra fogja-e értékesíteni a megtermelt terményt. Az egyes években az energetikai célra szántóföldi növényt termelő üzemek száma átlagosan a mintában szereplő összes üzem 1%-át tette ki. A vizsgált időszakban az energianövényt termelő üzemek 65%-a energiafüvet, 17%-a kukoricát, 12%-a napraforgót és 7%-a őszi káposztarepcét termelt energetikai célokra.

A teljes szántóföldi növénytermelés technikai hatékonysága és mérethatékonysága is csökkenő tendenciát mutat a vizsgált időszakban (41. ábra). Az állandó skáláhozadékkal számított technikai hatékonyság (TE_{drs}) minden évben alacsonyabb, mint a változó rátával (TE_{vrs}) számított, mert a változó rátájú technikai hatékonyság jobban megközelíti az üzemek által elérhető maximális teljesítmények határát (lásd 13. ábra). A további számítások során csak a változó rátával számított technikai hatékonyság értékeit közlöm.



41. ábra: A szántóföldi növénytermelés relatív hatékonyságának alakulása 2004-2015 között
 Forrás: TR adatok alapján saját számítás, DEAP

A DEA modell változói alapján a magyar szántóföldi növénytermelés átlagos hatékonysága a vizsgált időszakban változó rátával számítva 38,47% volt. Ez azt jelenti, hogy a szántóföldi növénytermeléssel foglalkozó gazdaságokban 61,53%-os hatékonysági tartalék rejlett, ami igen magasnak tekinthető. Az egyes években jelentős eltérések figyelhetők meg a technikai hatékonyság alakulásában, amit a kedvezőtlen időjárási hatások miatti hozamingadozások hatásai okoztak. A 2004, 2007 és a 2011-es évek hatékonysága alakult a legkiemelkedőbbben. 2004-ben a kedvező időjárás következtében csaknem minden növény esetében az üzemek kiemelkedően magas hozamot realizáltak. A 2007. évi meleg, aszályos nyári időjárás következtében a hozamok jelentősen visszaestek, ezért az értékesítési átlagárak megemelkedtek, így a relatív hatékonyság kedvezően alakult. A 2011. évi hatékonyságjavulást szintén az átlagárak emelkedése okozta. A szántóföldi növénytermelés relatív hatékonysága 2015. évben volt a legalacsonyabb (28,00%), mert az üzemek a rendelkezésükre álló termelési tényezőket nem optimálisan használták fel. Összességében a szántóföldi növénytermelés technikai hatékonysága csökkenő trendet követ.



42. ábra: A szántóföldi növénytermelés relatív hatékonyságának alakulása méretkategóriákra
 Forrás: TR adatok alapján saját számítás, DEAP

Üzemméretenként megvizsgálva a hatékonyság alakulását azt láthatjuk, hogy a kicsi és a közepes méretű szántóföldi növénytermelő üzemek átlagos hatékonysága jelentősen nem tért el egymástól (42. ábra). A kisméretű üzemek a közepes méretű üzemekhez képest alacsonyabb költséggel termeltek, míg a közepes méretű üzemek magasabb értékesítési ár realizálásával érték el a közel azonos hatékonysági szintet. A nagyméretű üzemek átlagos hatékonysága csaknem elérte a 60%-ot. A nagyméretű üzemek az adott időpontban elérhető technológia használatával többet tudtak termelni, mint a kis és közepes méretű üzemek.

Egy üzem működhet technikailag hatékonyan, ugyanakkor a mérete lehet túl nagy, vagy éppen túl kicsi. CZAKÓ et al. (2013) szerint egy üzem akkor tekinthető méretgazdaságosnak vagy mérethatékonynak, ha a kibocsátás növekedésével együtt csökken a kibocsátott outputra jutó egységköltség. A mérethatékonyoknak számos forrása lehet. Ezek nagy része technikai vagy szervezeti okokra vezethető vissza: gépesítés, automatizáció, specializáció, munkamegosztás, a tevékenységek vertikális és horizontális integrációja. A mérethatékony vizsgálat megmutathatja, hogy a hatékony működéshez központosításra, decentralizációra, méretcsökkentésre vagy pont ellenkezőleg, bővítésre van e szükség. A változó mérethatékony okai többek között a tökéletlen verseny, a pénzügyi korlátok és negatív externális hatások lehetnek.

31. táblázat: A szántóföldi növénytermelés mérethatékonyágának alakulása üzemenként (db)

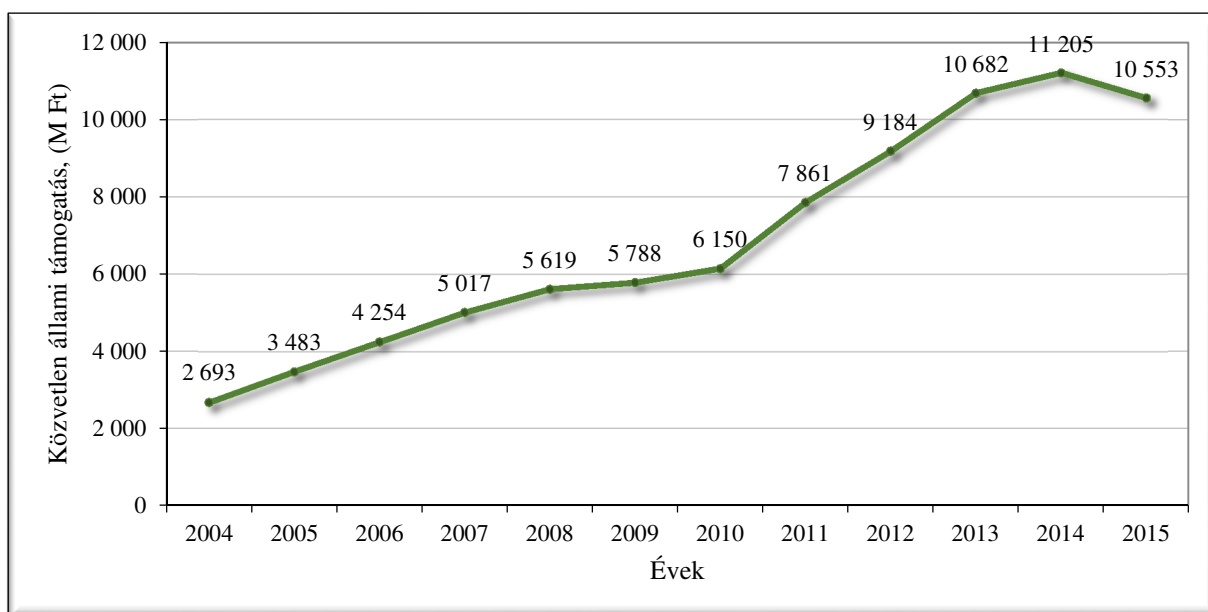
Év/Méret	Mérethatékony üzemek	Csökkenő mérethatékonyágú üzemek	Növekvő mérethatékonyágú üzemek	Összes üzem
2004	205	346	902	1 453
2005	218	478	847	1 543
2006	187	427	1 103	1 717
2007	235	1 201	519	1 955
2008	178	987	978	2 143
2009	194	615	1 350	2 159
2010	203	968	984	2 155
2011	217	723	1 238	2 178
2012	175	677	1 374	2 226
2013	230	697	1 499	2 426
2014	244	1 686	661	2 591
2015	174	486	2 121	2 781
3-5 STÉ	194	455	2 057	2 706
6-9 STÉ	1 944	7 414	10 759	20 117
10-14 STÉ	322	1 422	760	2 504
Összes üzem	2 460	9 291	13 576	25 327

Forrás: TR adatok alapján saját számítás, DEAP

A szántóföldi növénytermelő üzemek átlagos mérethatékonyága 93,21% volt a vizsgált időszakban. A mérethatékony üzemek száma átlagosan 10% volt, de évenként csökkenő trendet követ (31. táblázat). Az üzemek nagyrésze növekvő mérethatékonyágú volt. 2007-ben és 2014-ben az előző évekhez képest jelentősen megnőtt a csökkenő mérethatékonyágú üzemek száma. Ezek az üzemek nem tudták elérni termelési tényezőik felhasználása során azok technikai optimumát, így a kibocsátás növekedésével együtt nem csökkent a kibocsátott outputra jutó egységköltségük.

Üzemméret szerint a közepes méretű üzemek mérethatékonyága alakult a legkedvezőbben (95,10%). A nagyméretű üzemek mérethatékonyága 93,50%, a kisméretű üzemeké 91,20% volt. A vizsgált mintában a legtöbb üzem a közepes méretkategóriába tartozott. A kis- és a nagyméretű

üzemek közel azonos arányban szerepeltek a mintában. A kisméretű üzemek 76%-a, a közepes méretűek 53%-a növekvő mérethatékonyságú volt. A nagyméretű üzemek 57%-a csökkenő mérethatékonyságú volt, pazarlóan gazdálkodott. A szántóföldi növénytermelő üzemek viszonylag kis százaléka működött optimálisan.



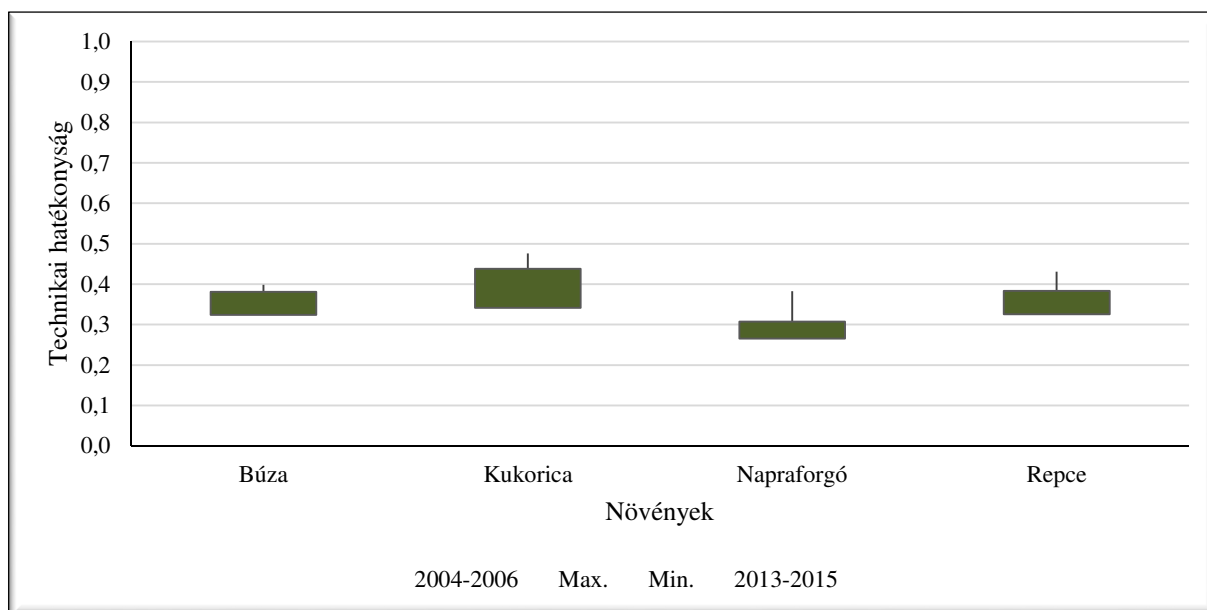
43. ábra: A mintában szereplő szántóföldi növénytermelő üzemek éves közvetlen állami támogatásának alakulása (M Ft)

Forrás: TR adatok alapján saját számítás

Az üzemek számára kifizetett állami támogatások nem szerepeltek az input adatok között. A TR adatbázisa közvetlen állami támogatásnak azokat a támogatásokat tekinti, amelyeket egy adott ágazat fejlesztésére, jövedelmi helyzetének javítására, szinten tartására kapott a gazdaság. Az EU csatlakozás utáni években a szántóföldi növénytermelő üzemek számára kifizetett közvetlen állami támogatások nagysága növekvő tendenciát mutat (43. ábra). A vizsgált időszak végére 2004. évhez képest a kifizetett támogatások csaknem megnégyszereződtek. Csupán 2015. évben figyelhető meg az előző évhez képest 6 %-os csökkenés a kifizetett támogatások nagyságában. A szántóföldi növénytermelés relatív hatékonysága az egyre nagyobb mértékű támogatások ellenére csökkent.

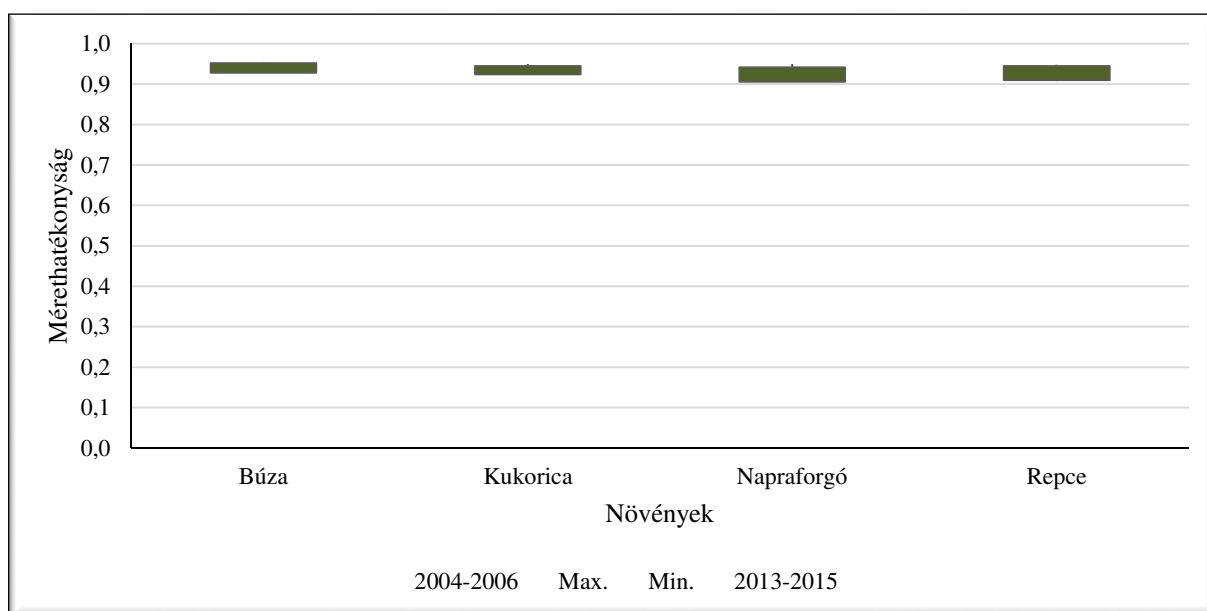
4.2.3 Az egyes megújuló energiatermelésre is alkalmas növény relatív hatékonyságának alakulása

Magyarországon a bioüzemanyag termelése dinamikusan növekedett az utóbbi években. A bioüzemanyag előállításra felhasznált alapanyagok nagyrészt magyarországi szántóföldi gazdák termelték meg. A H4 hipotézisem szerint van még hatékonysági tartalék a bioüzemanyag gyártására is alkalmas búza, kukorica, napraforgó és repce termelésének esetében, így a bioüzemanyagok előállítása Magyarországon nem veszélyezteti az élelmezésbiztonságot. Az egyes évek technikai hatékonyságának és mérethatékonyságának értékeit a 9. melléklet tartalmazza. Az egyes évek technikai hatékonysága és mérethatékonysága jelentősen eltér egymástól, melynek fő oka az időjárás változás miatt bekövetkezett hozamingadozás volt. A kedvezőtlen időjárási hatásokat a DEA számítása során is háromtagú mozgóátlagolással simítottam ki.



44. ábra: A búza, a kukorica, a napraforgó és a repce technikai hatékonyságának alakulása Magyarországon
 Forrás: TR adatok alapján saját számítás, DEAP

A négy fő szántóföldi növény közül a kukorica technikai hatékonysága volt a legmagasabb a vizsgált időszakban és a napraforgó technikai hatékonysága alakult a legkedvezőtlenebbül (44. ábra). A vizsgált időszak végére a kukoricatermelés technikai hatékonysága átlagosan 9,67%ponttal, a repcetermelés hatékonysága 5,81%ponttal, a búzatermelés hatékonysága 5,74%ponttal, a napraforgó hatékonysága pedig 4,21%ponttal csökkent. A vizsgált időszakban a bioüzemanyag termelés hatására nem növekedett az egyes növények hatékonysága, hanem csökkent.



45. ábra: A búza, a kukorica, a napraforgó és a repce mérethatékonyságának alakulása Magyarországon
 Forrás: TR adatok alapján saját számítás, DEAP

A technikai hatékonysághoz hasonlóan a mérethatékonyság is csökkenő tendenciát mutat a vizsgált növények esetében (45. ábra). A búzatermelés mérethatékonysága közelítette meg legjobban az optimális termelési szintet. A 2004-2006 évek átlagában a kukorica és a repce mérethatékonysága megegyezett, de az időszak végére a repce mérethatékonysága nagyobb

arányban csökkent. A technikai hatékonysághoz hasonlóan a mérethatékonyság is a napraforgó esetében volt a legalacsonyabb.

A termesztett kalászos gabonafélék közül hazánkban a búza a legjelentősebb kultúrnövény, az ország szántóterületének körülbelül 24-26%-án termelik. A betakarított termésmennyiség erősen ingadozik. 2010-ben az aszályos időjárás miatt a 2004-2015 közötti időszak legalacsonyabb 3,75 millió tonnás búzatermését aratták, ezzel szemben 2004-ben több mint 6 millió tonnát takarítottak be (KSH, 2017c). A termésbiztonság hiánya mellett az értékesítési lehetőségeket rontja az is, hogy a termés nem homogén, amit az elaprózódott birtokszerkezet, és a termelésbe vont fajták rendkívül sokfélesége okoz. Hazánk éghajlata az egész ország területén alkalmas, de nem egyformán kedvező a búzatermelésre. A legjelentősebb búzatermelő körzetek a Dél-Alföldön, az Észak-Alföldön és a Dél-Dunántúlon találhatók (RADICS, 1994).

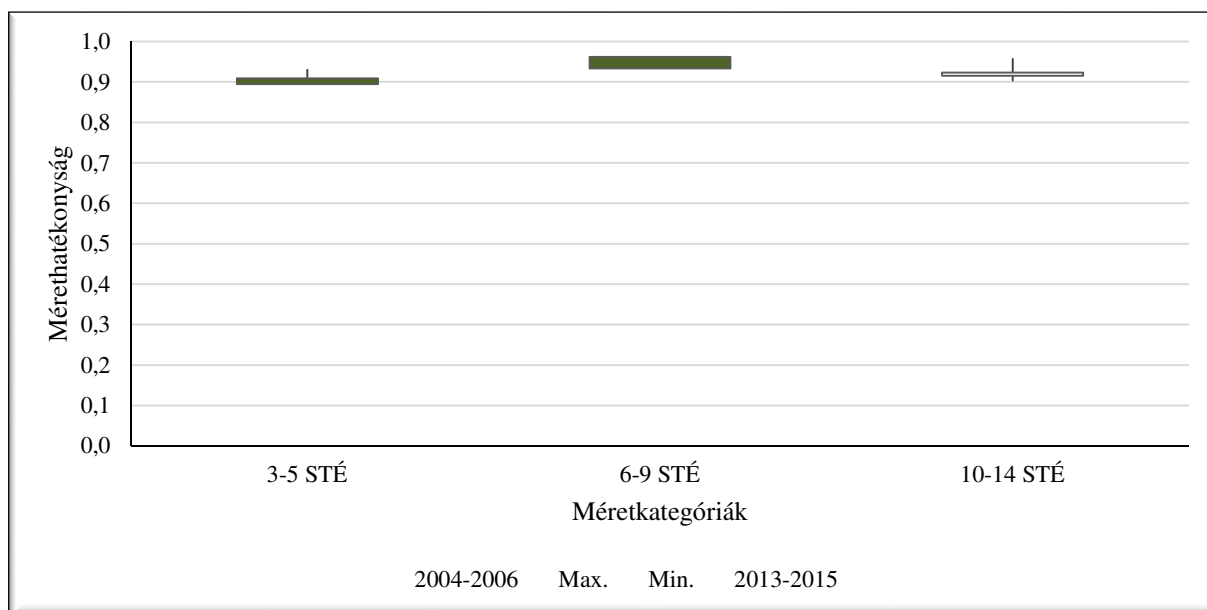
A magyarországi bioetanol üzemek elsősorban kukoricára alapozzák termelésüket. Az üzemek egy része a búzát körülbelül 10%-os arányban, mint biztonsági tartalékalapanyag használják, olyankor, amikor a kukorica ellátásban esetleg problémák jelentkeznek. A kukorica cukor- és keményítőtartalma a búzáénál kedvezőbb. Míg a szakirodalmi adatok alapján egy tonna bioetanol előállításához 3,14 tonna búzára van szükség, addig kukoricából 2,72 tonna elegendő. A kukorica további előnye, hogy magasabb a hektárhozama, így egységnyi területről közel másfélszer annyi bioetanol ad, mint a búza (HINGYI et al., 2006).



46. ábra: A búza technikai hatékonyságának alakulása méretkategóriánként

Forrás: TR adatok alapján saját számítás, DEAP

Méretkategóriánként megvizsgálva a búzatermelő üzemek hatékonyságát látható, hogy a nagyméretű üzemek technikai hatékonysága jelentősen meghaladta a közepes és kisméretű üzemek hatékonyságát (46. ábra). A közepes méretű üzemek átlagos technikai hatékonysága 2004-2006 évek átlagában alacsonyabb volt, mint a kisméretű üzemeké, de a vizsgált időszak végére a közepes méretű üzemek technikai hatékonysága kisebb mértékben csökkent.



47. ábra: A búza mérethatékonyságának alakulása méretekategóriánként

Forrás: TR adatok alapján saját számítás, DEAP

A búzatermelő üzemek közül a kisméretűek mérethatékonysága alakult a legkedvezőtlenebbül, annak ellenére, hogy ezek az üzemek a másik két méretekategóriához viszonyítva kisebb költséggel működtek, de ez által kisebb hozamot is realizáltak (47. ábra). A közepes méretű búzatermelő üzemek mérethatékonysága volt a legoptimálisabb a 2004-2006 évek átlagában, de a vizsgált időszak végére 2,85%ponttal csökkent ezen üzemek mérethatékonysága. A nagyméretű búzatermelő üzemek mérethatékonysága 0,84%ponttal növekedett a vizsgált időszak végére.

32. táblázat: A búzatermelő üzemek mérethatékonyságának alakulása üzemenként (db)

Év/Méret	Mérethatékony üzemek	Csökkenő mérethatékonyságú üzemek	Növekvő mérethatékonyságú üzemek	Összes üzem
2004	60	117	222	399
2005	40	157	201	398
2006	36	110	284	430
2007	65	280	127	472
2008	48	252	215	515
2009	46	182	301	529
2010	43	246	247	536
2011	45	179	302	526
2012	37	188	345	570
2013	64	187	359	610
2014	55	407	141	603
2015	45	126	443	614
3-5 STÉ	56	126	591	773
6-9 STÉ	471	1 984	2 467	4 922
10-14 STÉ	57	321	129	507
Összes üzem	584	2 431	3 187	6 202

Forrás: TR adatok alapján saját számítás, DEAP

Magyarországon a búzatermelést a növekvő mérethatékonyság jellemzi (32. táblázat). Az optimálisan működő üzemek aránya átlagosan 9,42%. A búzatermelő üzemeknek több mint a fele növekvő mérethatékonyságú. Kivételt képez ez alól a 2007 és a 2014 év, amikor az üzemek

nagyrésze pazarlóan gazdálkodott. Különösen 2014-ben volt magas a csökkenő mérethatékonyságú üzemek száma (67,50%).

A kisméretű búzatermelő üzemek 76,46%-a, a közepes méretű üzemek 50,12%-a növekvő mérethatékonyságú volt. A nagyméretű búzatermelő üzemek 63,31% pazarlóan gazdálkodott, mert ezen üzemek esetében a termelés nem nőtt olyan arányban, mint ahogy a költségeik növekedtek. Annak ellenére, hogy a nagyméretű üzemek nagyrésze túl nagy méretben gazdálkodott, az optimálisan működő üzemek aránya is magas volt ebben a méretkategóriában.

A kukorica a világ egyik legfontosabb kultúrnövénye, a búza után a második legfontosabb. Világszerte jelentős értékkel bíró takarmánynövény, felhasználása, hasznosíthatósága igen sokoldalú, ezért jól értékesíthető. A kukorica termesztése hazánkban is nagy jelentőséggel bír, mivel a legnagyobb területen termesztett növény (FERENCZ, 2016). Magyarországon az összes szántóterület 24-27%-án termelnek kukoricát. A kukorica eredményes termelése meleg, napfényes időjárást igényel. Meleg igénye mellett a csapadékgénye is elég nagy. Különösen fontos a májusi meleg, a júliusi és augusztusi csapadék mennyiség, mivel vízigénye a címerhányás és a csőképzés idején a legnagyobb. Hazánk éghajlata az egész ország területén - az északi hegyvidék és a Bakony kivételével - alkalmas a kukorica termelésére. De nagy és biztos termés csak az ország déli részén érhető el, ezért a fő kukoricatermő terület az ország termőterületének csak 60%-át teszi ki (RADICS, 1994).

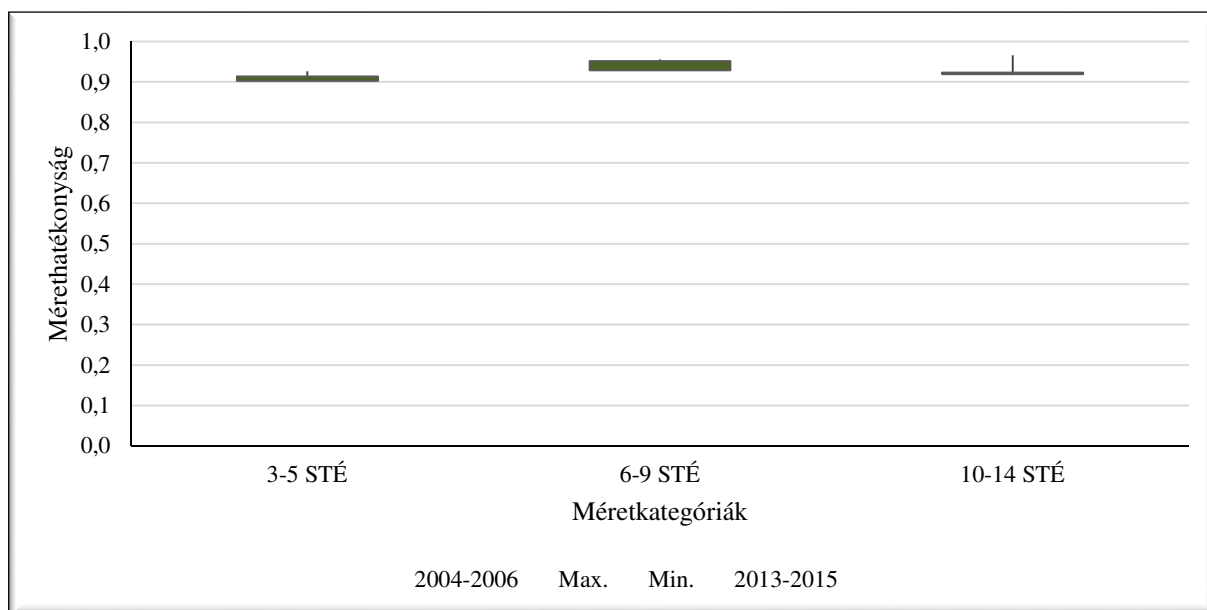
A kukorica termésmennyiségének alakulása a búzához hasonlóan erőteljes ingadozást mutat. Ennek fő oka az időjárási kockázatban rejlik. Aszályosabb években a kukorica betakarított mennyisége nem érte el az 5 millió tonnát, kedvező időjárási feltételek esetén viszont 9 millió tonna feletti volt a betakarított mennyiség (KSH, 2017c).



48. ábra: A kukorica technikai hatékonyságának alakulása méretkategóriánként

Forrás: TR adatok alapján saját számítás, DEAP

A kukoricatermelés esetében is a nagyméretű gazdaságok bizonyultak a leghatékonyabbnak (48. ábra). A nagyméretű üzemek kukoricatermelése azonban hatékonyabbnak bizonyult, mint a búzatermelése. A közepes és a kisméretű üzemek kukoricatermelésének hatékonysága a 2004-2006 évek átlagában közel azonos szinten alakult. A kisméretű üzemek kukoricatermelésének technikai hatékonysága csökkent a legnagyobb arányban a vizsgált növények közül.



49. ábra: A kukorica mérethatékonyságának alakulása méretekategóriánként

Forrás: TR adatok alapján saját számítás, DEAP

A kukoricatermelés mérethatékonysága közel azonos szinten alakult, mint a búzatermelésé (49. ábra). Az optimális termelési mérethez ebben az esetben is a közepes méretű kukoricatermelő üzemek álltak a legközelebb. A nagyméretű üzemek mérethatékonysága a 2004-2006 közötti időszak átlagához képest a 2013-2015 közötti három éves időszakban 0,34% ponttal csökkent.

33. táblázat: A kukoricatermelő üzemek mérethatékonyságának alakulása üzemenként (db)

Év/Méret	Mérethatékony üzemek	Csökkenő mérethatékonyságú üzemek	Növekvő mérethatékonyságú üzemek	Összes üzem
2004	41	100	207	348
2005	45	121	213	379
2006	34	142	227	403
2007	48	272	79	399
2008	32	231	188	451
2009	46	118	309	473
2010	42	257	192	491
2011	72	195	275	542
2012	48	154	294	496
2013	51	210	312	573
2014	47	399	132	578
2015	38	140	423	601
3-5 STÉ	61	152	594	807
6-9 STÉ	424	1 918	2 155	4 497
10-14 STÉ	59	269	102	430
Összes üzem	544	2 339	2 851	5 734

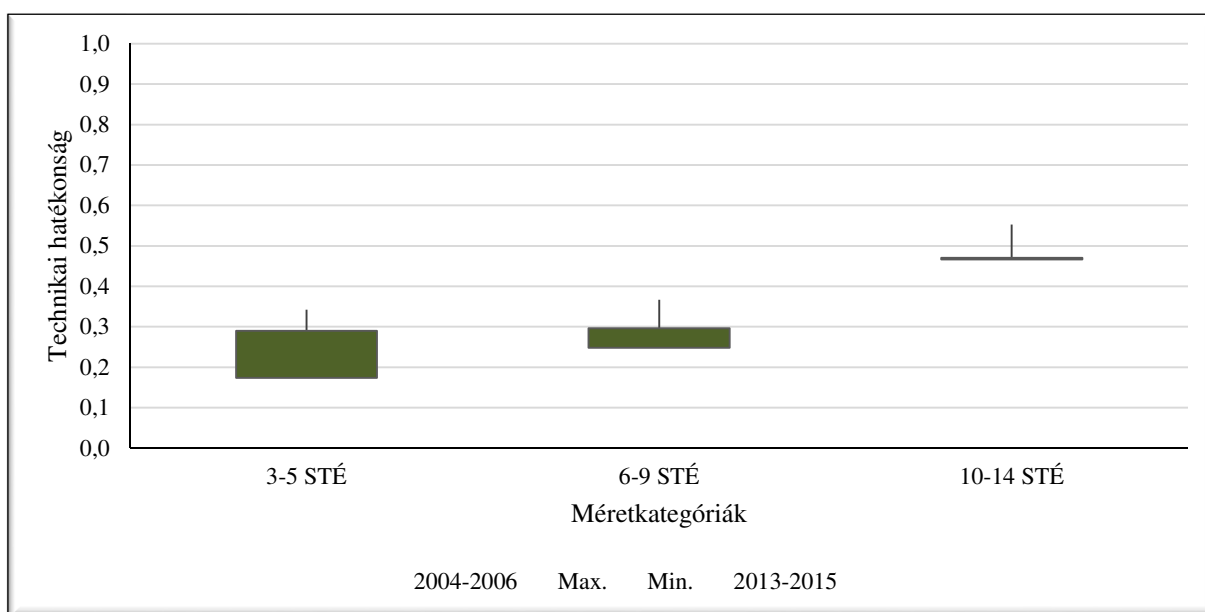
Forrás: TR adatok alapján saját számítás, DEAP

Összességében kevesebb üzem termelt kukoricát, mint búzát (33. táblázat). Kivételt képeznek ez alól a kisméretű üzemek. Arányaiban az üzemek mérethatékonysága a búza mérethatékonyságához hasonlóan alakult. A kis- és közepes méretű üzemek jellemzően növekvő mérethatékonyságúak, míg a nagyméretű kukoricatermelő üzemek jellemzően pazarlóan gazdálkodtak.

Magyarországon a gabonaféléken kívül az olajos magvak alkotják a szántóföldi növények második legfontosabb csoportját. A biodízel-előállításához felhasználható és hazánkban is megtermelhető legfontosabb olajnövények a napraforgó és a repce.

A napraforgót a hazai szántóterület 11-13%-án termelik. A növény jól alkalmazkodik az eltérő környezeti feltételekhez, a különböző talajtípusokhoz, a változó vízellátottsághoz és a szélsőséges hőmérséklet-ingadozásokhoz is.

Az utóbbi években a napraforgó vetésterülete jelentősen növekedett. A vetésterület növényegészségügyi okokból számottevően már nem növelhető tovább, mert fertőzésveszély miatt önmaga után 4-5 évig nem javasolt a napraforgó vetése (MEGYES, 2013). A betakarított termésmennyiség 1,1-1,5 millió tonna között alakult, de az aszályos 2010. évben nem érte el az 1 millió tonnát. A legkiemelkedőbb terméseredmény 2014. évben volt, amikor 1,6 millió tonna napraforgót takarítottak be a magyar gazdák (KSH, 2017c).

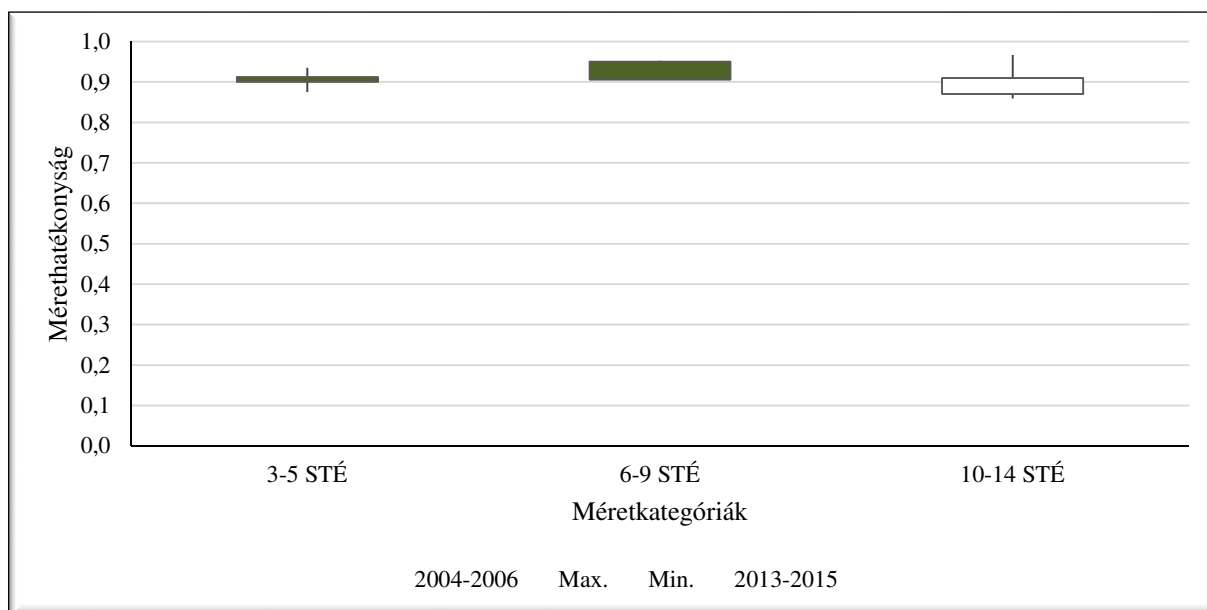


50. ábra: A napraforgó technikai hatékonyságának alakulása méretkategóriánként

Forrás: TR adatok alapján saját számítás, DEAP

Az 50. ábra a napraforgót termelő üzemek technikai hatékonyságának alakulását mutatja méretkategóriánként. A vizsgált növények közül ennek a növénynek a legalacsonyabb a technikai hatékonysága a kis és közepes méretű üzemek körében.

A 2004-2006 évek átlagában a két méretkategória technikai hatékonysága megegyezett, de a kisméretű üzemek technikai hatékonysága a 2013-2015 évek átlagában jelentősen lecsökkent és nem érte el a 20%-ot sem. A nagyméretű üzemek technikai hatékonysága a 2004-2006 közötti időszak átlagához képest a 2013-2015 közötti három éves időszakban 0,41%-kal csökkent.



51. ábra: A napraforgó mérethatékonyságának alakulása méretkategóriánként
 Forrás: TR adatok alapján saját számítás, DEAP

A napraforgót termelő üzemek esetében a közepes méretűek átlagos mérethatékonysága (95,01%) volt a legkedvezőbb a 2004-2006 évek átlagában. A nagyméretű üzemek átlagos mérethatékonysága a vizsgált időszak elején még a kisméretű napraforgót termelő üzemek mérethatékonyságánál is alacsonyabb volt, majd a vizsgált időszak közepén meghaladta a közepes méretű napraforgót termelő üzemek mérethatékonyságát. Összességében a nagyméretű üzemek mérethatékonysága 3,92% ponttal kedvezőbb volt a vizsgált időszak végén, mint a 2004-2006 évek átlagában, de értéke nem érte el a közepes méretű üzemek mérethatékonyságának szintjét (51. ábra).

34. táblázat: A napraforgót termelő üzemek mérethatékonyságának alakulása üzemenként (db)

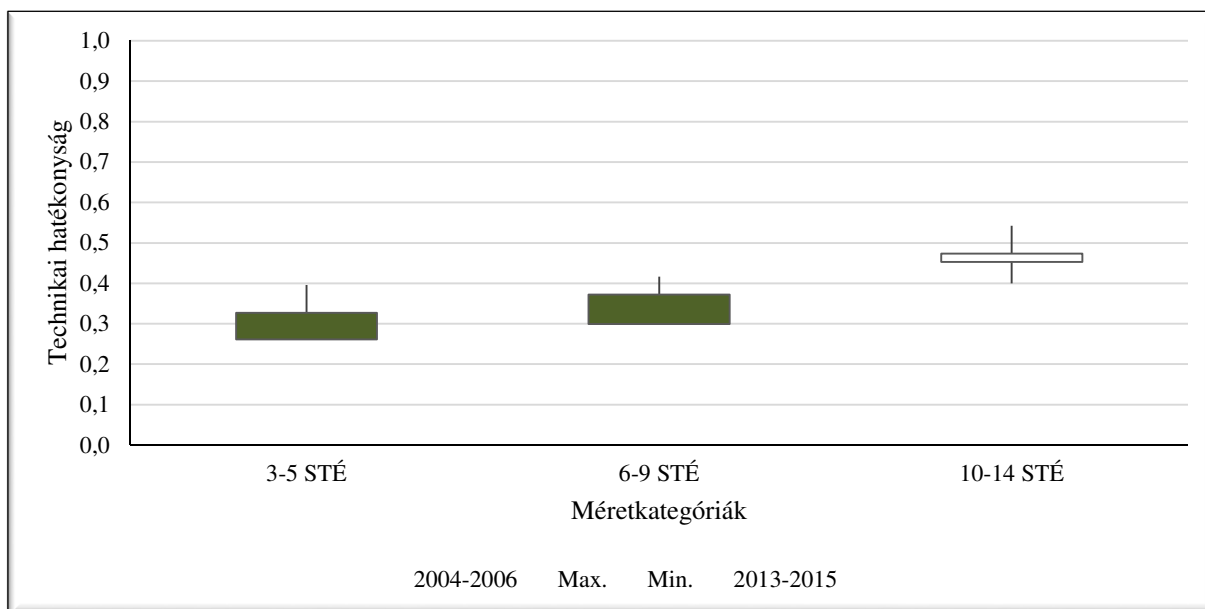
Év/Méret	Mérethatékony üzemek	Csökkenő mérethatékonyságú üzemek	Növekvő mérethatékonyságú üzemek	Összes üzem
2004	15	51	164	230
2005	47	95	129	271
2006	34	75	179	288
2007	33	227	52	312
2008	32	168	142	342
2009	31	79	242	352
2010	37	185	131	353
2011	29	164	194	387
2012	28	169	250	447
2013	44	115	278	437
2014	39	317	86	442
2015	23	105	367	495
3-5 STÉ	28	74	282	384
6-9 STÉ	329	1 408	1 825	3 562
10-14 STÉ	35	268	107	410
Összes üzem	392	1 750	2 214	4 356

Forrás: TR adatok alapján saját számítás, DEAP

2007 és 2014 években a pazarló gazdálkodás jellemezte a napraforgót termelő üzemek nagyrészét. A napraforgót termelő kis- és közepes méretű üzemek jellemzően növekvő mérethatékonyságúak voltak, míg a nagyméretű üzemek nagyrésze csökkenő mérethatékonyságú (34. táblázat). Az előző két növényhez képest arányaiban kevesebb nagyméretű üzem termelése volt optimális.

Az olajnövények közül a napraforgó után a repce a második legjelentősebb szántóföldi növényünk. Vetésterülete az utóbbi években jelentősen növekedett, de ennek ellenére a szántóterületnek csupán a 2-6%-át teszi ki. A repce érzékeny, hozzáértést kívánó növény. Ez az oka annak, hogy a betakarított mennyiségek jelentősen ingadoztak 2004-2015 között. A magyar gazdák 2005-ben takarították be a legkevesebb repcét, 283 ezer tonnát és a legtöbbet 2014-ben, 700 ezer tonnát (KSH, 2017c).

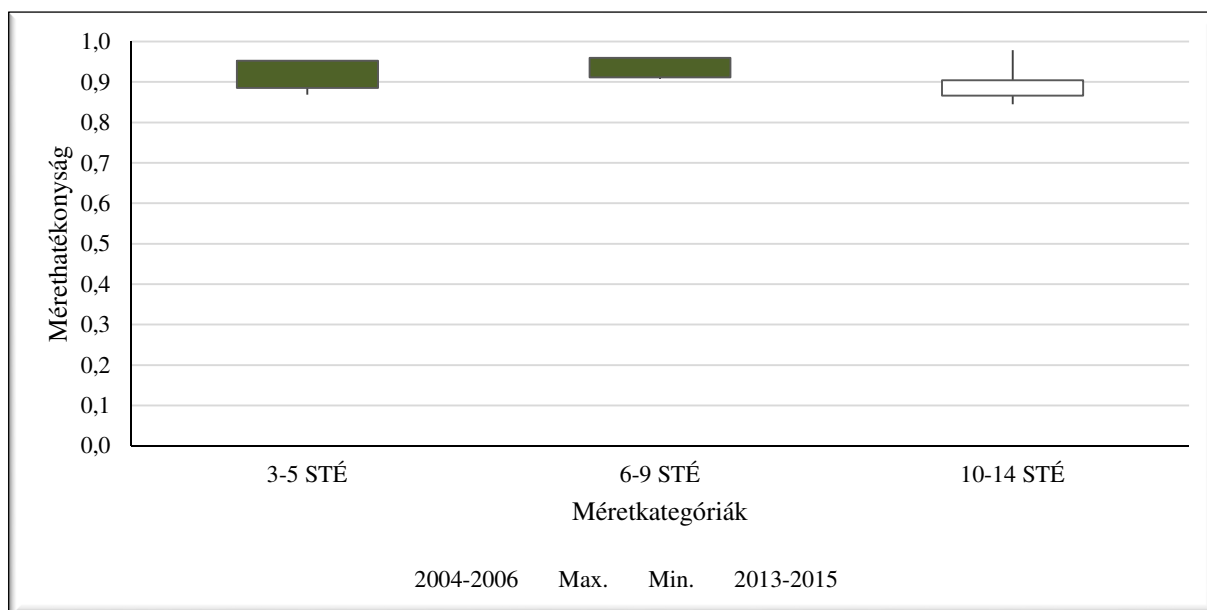
Bár Magyarország ökológiai adottságai nem mindenhol kedveznek a repcetermelésnek, vannak erre kiválóan alkalmas területek a Kisalföldön, a Dunántúlon és a nyugat-magyarországi peremvidéken. Mivel a repce az európai biodízel termelés fő alapanyaga, ezért a repcemag iránti kereslet jelentősen megnövekedett az utóbbi években. Vetésterületének további növelése nem okozna Magyarországon gondot, de az csak a gabonafélék területének rovására lenne megvalósítható (HINGYI et al., 2006). A repcetermelés bővítését ezért elsősorban a termésátlagok növelésével lehet megoldani.



52. ábra: A repce technikai hatékonyságának alakulása méretkategóriánként

Forrás: TR adatok alapján saját számítás, DEAP

A nagyméretű repcetermelő üzemek technikai hatékonysága volt a legmagasabb a 2004-2006 közötti időszakban (52. ábra). A vizsgált időszak végére a nagyméretű üzemek technikai hatékonysága 2,08%-ponttal növekedett. A közepes és kisméretű üzemek technikai hatékonysága csaknem 10%-ponttal elmaradt a nagyméretű üzemekétől. Ezen üzemek technikai hatékonysága átlagosan 7%-ponttal csökkent az időszak végére.



53. ábra: A repce mérethatékonyságának alakulása méretkategóriánként

Forrás: TR adatok alapján saját számítás, DEAP

A kicsi és közepes méretű üzemek mérethatékonysága a 2004-2006 közötti időszak átlagában közel azonos szinten alakult (53. ábra). A vizsgált időszak végére azonban a kisméretű üzemek mérethatékonysága nagyobb arányban csökkent, mint a közepes méretűeké. A nagyméretű üzemek mérethatékonysága a 2004-2006 évek átlagához képest a 2013-2015 közötti három éves időszakban 3,78% ponttal növekedett.

35. táblázat: A repcetermelő üzemek mérethatékonyságának alakulása üzemenként (db)

Év/Méret	Mérethatékony üzemek	Csökkenő mérethatékonyságú üzemek	Növekvő mérethatékonyságú üzemek	Összes üzem
2004	7	10	40	57
2005	15	23	31	69
2006	14	30	82	126
2007	16	152	57	225
2008	13	138	97	248
2009	20	112	100	232
2010	17	111	93	221
2011	20	83	114	217
2012	7	46	81	134
2013	13	58	122	193
2014	23	187	29	239
2015	13	43	184	240
3-5 STÉ	8	37	60	105
6-9 STÉ	138	781	870	1 789
10-14 STÉ	32	175	100	307
Összes üzem	178	993	1 030	2 201

Forrás: TR adatok alapján saját számítás, DEAP

A repcetermelő üzemek esetében 2007 és 2010 között, valamint 2014-ben a csökkenő mérethatékonyságú üzemek voltak túlsúlyban (35. táblázat). Ezekben az években a költségek növekedése meghaladta a bevétel növekedésének mértékét. A nagyméretű üzemek 57,00%-a

csökkenő mérethatékonyságú volt. A négy növény közül ennél a növénynél működött a legkevesebb üzem optimálisan.

Összességében megállapítható, hogy az általam vizsgált négy növény technikai hatékonyságában és mérethatékonyságában is az üzemméreték vizsgálata hasonló eredményre vezetett. A nagyméretű üzemek technikai hatékonysága volt minden esetben a legmagasabb és a kisméretűeké a legalacsonyabb. A közepes méretű üzemek mérethatékonysága minden esetben közelebb volt az optimális mérethez, mint a nagyméretű üzemek mérethatékonysága. Hatékonyság növekedés csak a nagyméretű üzemek esetében következett be, a közepes és a kisméretű üzemek növénytermelésének hatékonysága csökkent a 2004 és 2015 közötti időszakban. Mindezek figyelembevételével a H4 hipotézisemet elfogadottnak tekintem.

36. táblázat: A búza, a kukorica, a napraforgó és a repace termelésének átlagos optimalizálási lehetősége (%)

Növény fajtája	Output1	Output2	Input1	Input2	Input3	Input4	Input5	Input6	Input7
Búza	151,93	126,07	-26,24	-11,54	-11,34	-35,27	-9,29	-23,25	-26,97
Kukorica	135,39	105,83	-14,59	-11,33	-21,62	-25,20	-8,32	-21,18	-21,34
Napraforgó	288,27	176,95	-21,78	-12,02	-10,69	-16,25	-24,08	-24,34	-19,78
Repace	237,49	157,60	-19,29	-11,47	-4,76	-35,86	-28,51	-18,11	-22,00

Forrás: TR adatok alapján saját számítás, DEAP

Megjegyzés: Output1=Főtermék mennyisége, Output2= Az ágazat összes árbevétele, Input1=Vetésterület, Input2=Átlagos aranykorona érték, Input3=Vetőmag-, szaporítóanyag költség, Input4=Műtrágyaköltség, Input5=Növényvédőszer költség, Input6=Gépköltségek, Input7= Ledolgozott munkaórák száma

A 36. táblázat az mutatja be, hogy a vizsgált növényeket termelő, nem hatékonyan működő üzemeknek átlagosan hány százalékkal kellene csökkentenie az inputjait ahhoz, hogy hatékonyan termeljenek és maximális output szintet érjenek el. A táblázatban közölt adatok az üzemek által felhasznált inputok alapján a lineáris programozási módszerrel kalkulált elméleti optimumot mutatják. Mivel az egyes növényeket termelő üzemek nagyrésze nem hatékonyan termelt, ezért jelentős mértékű tartalék halmozódott föl a termelésben. Mivel a külső környezeti tényezők előre kiszámíthatatlanok, ezért az üzemek ezt az elméleti hatékonysági szintet soha nem tudnák elérni. Ennek ellenére a DEA módszer mégis jó iránymutatást nyújt a nem hatékony üzemek számára a költségcsökkentési lehetőségeikről.

4.3 A hipotézisek ellenőrzése

A kutatás során megfogalmazott hipotézisek ellenőrzését mutatja be a 37. táblázat. A statisztikai és matematikai módszerekkel kapott kutatási eredmények négy hipotézist igazoltak és kettőt cáfoltak.

37. táblázat: A kutatási hipotézisek ellenőrzése

Hipotézisek	A hipotéziseket a kutatási eredmények
H1. A hagyományos bioüzemanyagok előállítása az Európai Unióban jelentősen már nem fog növekedni.	igazolták
H2.1 Szignifikáns kapcsolat van a szántóföldi növénytermelés hatékonysága és az előállított első generációs bioüzemanyagok mennyisége között.	cáfolták
H2.2 Az energianövény termeléssel is foglalkozó üzemeknek magasabb a jövedelmezősége.	cáfolták
H2.3 A hagyományos bioüzemanyagok termelése az alapanyagként felhasznált szántóföldi növények betakarított területének és hozamának növekedésével járt.	igazolták
H3. Magyarországon a hagyományos bioüzemanyag termelés növekedésének hatására a szántóföldi növénytermelés teljes tényezőssé termelékenysége növekedett.	igazolták
H4. Van még hatékonysági tartalék a magyar szántóföldi növénytermelésben a hagyományos bioüzemanyagok előállítására is alkalmas növények esetében.	igazolták

Forrás: Saját szerkesztés

4.4 Új és újszerű tudományos eredmények

A szántóföldi növénytermelés és a hagyományos bioüzemanyag termelés kapcsolatának vizsgálata alapján az alábbi új és újszerű tudományos eredményeket fogalmaztam meg:

- E1.** Rangkorrelációs együttható segítségével megállapítottam, hogy nincs szignifikáns kapcsolat a vizsgált országok szántóföldi növénytermelésének hatékonysága és az előállított első generációs bioüzemanyagok mennyisége között. A bioüzemanyag termelés mennyisége tehát nem függ egy adott ország szántóföldi növénytermelésének teljesítményétől. A vizsgált országokban a bioüzemanyagok jelentős mennyiségét importált alapanyagból állították elő, ami nem a bioüzemanyagot előállító ország szántóföldi növénytermelésének hatékonyságára gyakorol hatást. A vizsgált országok közül csak Magyarország esetében szignifikáns a kapcsolat a két tényező között, melyből arra következtethetünk, hogy a szántóföldi növénytermelési lehetőségeihez mérten Magyarország határozta meg legoptimálisabban bioüzemanyag politikáját. Összességében megállapítható, hogy az EU fejlettebb országai az energiabiztonságot szem előtt tartva fogalmazzák meg megújuló energiapolitikájukat, míg a fejletlenebb tagországokban a magasabb jövedelem elérése motiválja a bioüzemanyag termelés folyamatait.
- E2.** Főkomponens-elemzés és klaszterelemzés segítségével megállapítottam, hogy az energianövény termelés nem jár magasabb jövedelmezőséggel a gazdák számára. A különböző felhasználási céllal termelt növények termelési költségei között nincs számottevő különbség, mert az energetikai célú növénytermelésnél alkalmazott agrotechnika megegyezik az ipari feldolgozásra termelt növényekével. A gazdák jövedelmezősége csak akkor növekedne, ha az energetikai célra felhasznált növényeket drágábban tudnák értékesíteni, mint az élelmezésre és takarmányozásra felhasznált terményeket. A gazdáknak általában nincs ráhatásuk a végső felhasználásra, csupán a megtermelt terményt értékesítik a piacon. A bioüzemanyag-gyártók viszont arra törekednek, hogy minél alacsonyabb áron, minél jobb minőségű alapanyaghoz jussanak, így a növénytermelők érdeke az, hogy a rendelkezésükre álló erőforrások optimális kihasználásával, minél alacsonyabb önköltséggel állítsák elő a szükséges terménymennyiséget.
- E3.** A szántóterületek aránya az urbanizáció következményeként folyamatosan csökken, így a szántóföldi növényeknek egyre kisebb területen kell versenyezniük. A termelési szerkezet változásán érzékelhető, hogy az EU-ban nagyobb mennyiségben állítanak elő biodízelt, mint bioetanolt, mert a biodízel alapanyagául szolgáló napraforgó és repce betakarított területe átlagosan nagyobb arányban növekedett, mint a búza és a kukorica betakarított területe. A napraforgó kivételével a vizsgált növények hozamai is növekedtek. A vizsgált országokban kismértékű közvetett földhasználat-változás következett be a RED irányelv bevezetése utáni években.
- E4.** A magyarországi tesztüzemi rendszer üzemsoros adatbázisa alapján, Malmquist index segítségével megállapítottam, hogy a vizsgált időszakban folyamatosan működő szántóföldi növénytermelő üzemek teljes tényezős termelékenysége kismértékben növekedett a vizsgált időszakban. A szántóföldi növénytermelés termelékenységének növekedéséhez számos tényező hozzájárult, azonban a vizsgált időszakban Magyarországon a gabonafélék ipari felhasználása növekedett a legnagyobb arányban. Mivel a bioüzemanyag termelés 2008-tól jelentősen növekedett Magyarországon, ezért azzal a feltételezéssel élek, hogy a bioüzemanyag-gyártás nagyban hozzájárult a szántóföldi növénytermelés termelékenységének növekedéséhez.

E5. DEA elemzéssel igazoltam, hogy a magyarországi szántóföldi növénytermelésben és az energetikai célra is felhasználható növények (búza, kukorica, napraforgó és repce) termelésének esetében is jelentős hatékonysági tartalékok rejtőznek. A szántóföldi növénytermelés technikai hatékonysága igen alacsony volt a 2004 és 2015 közötti időszakban. A rendelkezésre álló inputok optimális felhasználásával a gazdáknak lehetőségük lett volna sokkal több terményt is megtermelniük, melyek értékesítésével többlet árbevételt érhettek volna el, ami növelte volna a jövedelmezőségüket. A keletkezett terméstöbblet az élelmezésbiztonságot nem veszélyeztetve felhasználható lett volna exportra, vagy bioüzemanyagok előállítására. Magyarországon az ipari szintű bioüzemanyag termelés beindulása a kis és közepes méretű üzemek esetében nem hatott ösztönzőleg a hatékonyság növelésében, míg a nagyméretű üzemek esetében kismértékben csökkentek a hatékonysági tartalékok a szántóföldi növénytermelésben.

5 KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A bioüzemanyagokat csaknem húsz éve egyre szélesebb körben alkalmazzák az Európai Unióban, komolyabb térnyerésük azonban csak az elmúlt tíz évben figyelhető meg. Alkalmazásuk általánossá válásával párhuzamosan változások történtek a földhasználatban, a kereskedelemben, és az iparban is, amelynek következtében komoly tudományos és társadalmi viták alakultak ki körülöttük. A heves tudományos, politikai és társadalmi viták ellenére az elsőgenerációs bioüzemanyagok piaca töretlen fejlődést mutatott, növekedését a világgazdasági válság sem állította meg.

Disszertációm szakirodalmi részében a bioüzemanyagok vitatott kérdéseit taglaló pró és kontra tanulmányok eredményei alapján az alábbi következtetéseket fogalmaztam meg:

- A bioüzemanyagok előállítása alapvetően politikai döntés kérdése. A bioüzemanyag termelése mellett szóló érvek között környezetvédelmi, energiapolitikai és agrárpolitikai célok is szerepelnek. Az egyes országokat más-más tényező ösztönzi a bioüzemanyagok termelésének és felhasználásának növelésére. A számos tényező keveredése miatt a nemzeti stratégiák nem teljesen egyértelműek, mert egyszerre jelenik meg bennük az importösztönzés, a környezetvédelmi célok és a belső termelők védelme iránti igény. Az ellentmondás érthető, hiszen a környezetvédelmi és az energetikai célok a leggazdaságosabban import bioüzemanyagok útján érhetőek el, mert a fejlődő országok jóval olcsóbban állítják azokat elő és ebben az esetben az előállítással keletkező emisszió is máshol jelentkezik. Ugyanakkor az import bioüzemanyagok felhasználása ellentmond a mezőgazdaság érdekeinek.
- A bioüzemanyagokkal kapcsolatos elemzéseket jelentősen megnehezíti a pontos és megbízható adatok hiánya. A bioüzemanyagok energiamérlegére és ÜHG kibocsátására az energiaeelőállítás során felhasznált energia életciklus elemzésétől függően számos adattal találkozhatunk a szakirodalomban. Tekintettel arra, hogy e mutatók a felhasznált technológiától és alapanyagtól függően jelentősen eltérhetnek, a bioüzemanyag-termelés magyarországi hatásait a hazai adottságokhoz, termesztéstechnológiai gyakorlatokhoz, technológiákhoz igazodó mérések és számítások alapján lehetne megítélni, de ilyenek egyelőre nem készültek. Csak e kalkulációk ismeretében lehetne megállapítani, hogy a bioüzemanyagok milyen mértékben szolgálják az energiabiztonsági és a klímavédelmi célokat.
- Az energetikai célokra felhasználható biomassza potenciál pontos meghatározása az időjárási kockázatok miatt nehezen tervezhető. Egy rosszabb termésű évben az élelmezésen és takarmányozáson felül kevesebb terményfelesleg képződik, amit energetikai célokra lehet felhasználni. Az időjárási kockázat a bioüzemanyagok gazdaságos előállítását is befolyásolja. A gabonából előállított bioüzemanyagok jövedelmezőségét nagyrészt az alapanyagok árának alakulása határozza meg, ami jelentősen függ – számos más tényező mellett – az időjárási kockázattól. Súlyos időjárási problémák fellépése idején az alapanyagárak robbanásszerű növekedése tapasztalható, mely által a bioüzemanyag előállítási költsége nem lesz versenyképes a fosszilis üzemanyagokkal szemben. Mindezek miatt a bioüzemanyag-gyártás kockázatos, nehezen tervezhető tevékenység a befektetők számára.

- A biomassa energetikai célú termelésének hatása a foglalkoztatásra kedvezőbb a többi megújuló energiatermelési technológiához képest, de nemzetgazdasági szinten már nem jelentős. Az energianövények termelése csak akkor ad több munkalehetőséget, ha az nem a jelenleg is hasznosított földterületeken történik, ellenkező esetben csak munkaerő megtartó szerepe van. A közvetett foglalkoztatási hatás már magasabb, de nehezebben számszerűsíthető.

A témához kapcsolódó szakirodalmi rész áttanulmányozása után fogalmaztam meg hipotéziseimet. Az egyes hipotézisek vizsgálati eredményei alapján az alábbi következtetéseket teszem:

H1. A hagyományos bioüzemanyagok előállítása az Európai Unióban jelentősen már nem fog növekedni.

A hipotézis igazolását logisztikus trendszámítás segítségével vizsgáltam meg. Az eredmények szerint Németországban, Franciaországban és Svédországban a függvény már elérte a telítődési szintet, de a többi vizsgált ország esetében is a lassuló növekedés szakaszában jár a bioüzemanyag termelés. Így a H1 hipotézisem igazolást nyert. A kapott eredményt igazolja továbbá az Európai Bizottság 2017-ben hozott korlátozó rendelkezése is, ami a végső energiafelhasználásban az első generációs bioüzemanyagok előállításának részarányát 7%-ban korlátozta és a fejlett bioüzemanyagok termelését ösztönzi, csökkentve ez által a földhasználat közvetett megváltozását. Ettől függetlenül az Európai Unióban 2020-ra a közlekedési ágazatban a végső energiafelhasználás 10%-ának megújuló energiaforrásokból kell származnia. A 10%-ba beleszámít a bioüzemanyag felhasználáson túl a biogáz felhasználás, a megújuló áram és a hibrid meghajtás is.

Az EUROSTAT adatai szerint az EU28 átlagában a közlekedésben felhasznált megújuló energia részaránya 2016-ban 7,1% volt. Az egyes országok lehetőségeikhez mérten eltérő arányban használtak fel első generációs bioüzemanyagokat. Amennyiben a jogszabályi környezet nem változik meg az üzemek a magyarországi maximális bioüzemanyag termelésen felüli készleteiket csak olyan országok számára tudják majd értékesíteni, amelyek gabonából nem rendelkeznek elégséges készlettel első generációs bioüzemanyag termeléséhez.

H2.1 Szignifikáns kapcsolat van a szántóföldi növénytermelés hatékonysága és az előállított első generációs bioüzemanyagok mennyisége között.

A H2.1 hipotézisemet Spearman-féle rangkorrelációs együttható segítségével vizsgáltam meg. A vizsgált időszakban a bioüzemanyag termelés nagysága és a szántóföldi növénytermelés hatékonysága között csak Magyarország esetében volt szignifikáns a kapcsolat. A kapott eredmények alapján a H2.1 hipotézis nem nyert igazolást.

Az eredmények szerint a bioüzemanyag termelés nagyságát nem befolyásolja egy ország szántóföldi növénytermelésének teljesítménye. Az egyes országok a saját bioüzemanyag előállításán felül a kötelező bekeverési arányaikat vagy olcsóbb importált bioüzemanyagokkal, vagy import alapanyag vásárlásával próbálják meg teljesíteni.

A vizsgált országok közül Magyarország esetében közepesen erős szignifikáns kapcsolat van a két vizsgált tényező között. A bioüzemanyag termelés az országban hatással van a szántóföldi növénytermelés hatékonyságára. Ez nem meglepő, hiszen az országban a bioüzemanyag termelés fő célja kereslet generálása a termelők részére.

H2.2 Az energianövény termeléssel is foglalkozó üzemeknek magasabb a jövedelmezősége.

A H2.2 hipotézisemet főkomponens-elemzés és klaszterelemzés segítségével vizsgáltam. Az elemzést nehezítette, hogy az FADN adatbázisában csak az adatot szolgáltató üzemek energianövény termelésre vonatkozó adatai szerepelnek. Másrészt a gazdáknak általában nincs ráhatásuk arra, hogy az általuk megtermelt termény milyen célra kerül felhasználásra. A termelők a bioüzemanyag előállításra felhasznált növényeket tehát nem kifejezetten energetikai célokra termelik. Így az FADN adatbázis energianövényekkel kapcsolatos adataival végzett elemzés eredményét óvatosan kell kezelni. Ennek ellenére a főkomponens-elemzés és a klaszterelemzés jól használható módszerek bizonyult az adatok elemzéséhez.

Az elemzés során a felhasznált szántóföldi növénytermelő üzemek méretkategóriákra képzett átlagos adatai alapján két jól értelmezhető főkomponenst kaptam. Az első főkomponenst az energianövény termelés volumenének, a második főkomponenst a szántóföldi növénytermelés jövedelmezőségének neveztem el. A két főkomponens adatain végzett klaszterelemzés segítségével négy klasztert képeztem. Olyan klaszter nem képződött, amelyik esetében a magas energianövény termelés magas jövedelmezőséggel párosult volna, ezért a H2.2 hipotézisemet elvettem. Az energianövény termelése tehát nem jár magasabb jövedelmezőséggel, inkább a nehezen értékesíthető termésfeleslegek és a keletkező melléktermékek energetikai célra való értékesítésével a gazdák jövedelemkiegészítését szolgálja.

H2.3 A hagyományos bioüzemanyagok termelése az alapanyagként felhasznált szántóföldi növények betakarított területének és hozamának növekedésével járt.

A H2.3 hipotézis igazolásához megvizsgáltam, hogy hogyan alakult a szántóterület aránya a legtöbb bioüzemanyagot előállító országokban, valamint hogyan változott a búza, a kukorica, a napraforgó és a repce betakarított területének aránya és a hozama a RED irányelv bevezetése előtti és utáni évek átlagában. Mivel a szántóterületek aránya az urbanizáció következményeként folyamatosan csökken, ezért a szántóföldi növényeknek egyre kisebb területen kell egymással versenyezniük a termőföldért. A vizsgált országokban a búza, a kukorica, a napraforgó és a repce betakarított területe a legtöbb ország esetében növekedett a 2012-2016 évek átlagában. Az olajnövények betakarított területének aránya nagyobb mértékben növekedett, mint az alkohalnövények területe, ami annak köszönhető, hogy Európában nagyobb arányban állítanak elő biodízel, mint bioetanolt, így megnövekedett a kereslet az olajnövények iránt. Az egyes növények betakarított területének növekedése mellett a hozamok is növekedtek. A legnagyobb arányban a repce hozama növekedett. A kukorica és a búza hozama közel azonos arányban nőtt, míg a napraforgó hozama átlagosan csökkent.

Az Európai Unió az élelmiszer alapanyagokból előállított bioüzemanyagok visszaszorításával és a fejlett bioüzemanyagokra való átállással tervezi csökkenteni a földhasználat változását. A fejlett bioüzemanyagok többnyire mezőgazdasági és erdőgazdasági hulladékokból és melléktermékekből készülnek. Véleményem szerint, amíg a bioüzemanyagok nagyrészt növényi alapanyagokból kerülnek előállításra, addig kiküszöbölhetetlen, hogy valamilyen szinten ne okozzanak földhasználat változást, hiszen a gazdák mindig olyan növényeket fognak nagyobb arányban termelni, amire a piacon kereslet mutatkozik.

Sokat hangoztatott érv, hogy a bioüzemanyagok alapanyagait azokon a kedvezőtlen adottságú területeken kell megtermelni, amelyeket nem használnak élelmiszeripari termékek termelésére, mert így az energianövények nem fognak versengeni a termőföldért. Az ilyen területeken megtermelt termény minősége a talajadottságok miatt jóval gyengébb, ami nehezebben

értékesíthető a piacon. A profitmaximalizáló termelők ezért mindig a legjobb minőségű területekért fognak versengeni.

H3. Magyarországon a hagyományos bioüzemanyag termelés növekedésének hatására a szántóföldi növénytermelés teljes tényezős termelékenysége növekedett.

A szántóföldi növénytermelés teljes tényezős termelékenységének kiszámításához a Malmquist indexet használtam fel. A vizsgált időszakban 304 olyan üzem volt a mintában, ami folyamatosan szántóföldi növénytermelési tevékenységet folytatott. Az elemzést méretkategóriánként és összességében a 304 üzemre is elvégeztem. A magyarországi szántóföldi növénytermelés termelékenysége 1,78%-kal növekedett 2004 és 2015 között, így a harmadik hipotézist elfogadtam. Ez az érték aggregáltan tartalmazza a folyamatosan szántóföldi növénytermelési tevékenységet végző üzemek termelékenységének növekedését. Magyarországon az állatállomány csökkenésével a gabonafélék takarmányozási célú felhasználása csökkent, valamint az élelmiszer célú felhasználás is csökkenő tendenciát mutat. Növekedés csak az ipari célú felhasználásban és az export mennyiségében következett be, tehát a termelékenység növekedése alapvetően ennek a két tényezőnek volt köszönhető. Az ipari célú felhasználás nagyobb arányban növekedett, mint az export mennyisége. Az ipari célú felhasználás a bioüzemanyag termelés mellett egyéb ipari tevékenységeket is tartalmaz. Magyarországon a bioüzemanyagok termelése 2008-tól jelentősen növekedett, ezért azzal a feltételezéssel élek, hogy a termelékenység növekedéséhez nagyban hozzájárult a bioüzemanyagok előállításra. Az exportált gabona egy része valószínűleg szintén bioüzemanyag előállításra került felhasználásra.

Magyarországon a szántóföldi növénytermelés termelékenységének növekedését a technikai hatékonyság növelésével lehetne tovább javítani. Ehhez egyrészt a mérethatékonyságon, vagyis a termelési tényezők hatékonyabb felhasználásán kellene javítani, másrészt a menedzsment felkészültségét kellene növelni. Az új technológiák alkalmazásához nem elegendő a hagyományok alapján történő gazdálkodás, hanem megfelelő szakértelem is kell hozzá, amit továbbképzéssel, a menedzseri képességek javításával érhetnek el a gazdák. A technikai hatékonyság növelése főleg a kisméretű gazdaságok számára lenne a legfontosabb, mert az ebbe a méretkategóriába tartozó üzemek technikai hatékonysága a vizsgált időszakban csökkent.

H4. Van még hatékonysági tartalék a magyar szántóföldi növénytermelésben a hagyományos bioüzemanyagok előállítására is alkalmas növények esetében.

A negyedik hipotézis igazolását DEA elemzéssel végeztem el. A vizsgálat során a legjellemzőbb szántóföldi növények (búza, kukorica, napraforgó és repce) relatív hatékonyságát vizsgáltam meg. A számításokat méretkategóriánként is elvégeztem. A hatékonysági értékek mind a négy növény esetében igen ingadozóak voltak, amit az egyes évek kedvezőtlen időjárása miatti hozamkiesések okoztak. Az üzemek számára kifizetett egyre nagyobb mértékű állami támogatások sem gyakoroltak pozitív hatást a szántóföldi növénytermelés relatív hatékonyságra. Mind a négy növény esetében szinte ugyan arra az eredményre vezetett a hatékonyságvizsgálat, ami a hasonló természetstechnológia következménye. Összességében vizsgálva a technikai hatékonyság és a mérethatékonyság is csökkent, tehát a vizsgált növények esetében jelentős hatékonysági tartalékok rejtőznek.

Méretkategóriánként vizsgálva a hatékonyságot megállapítható, hogy a nagyméretű üzemek technikai hatékonysága és mérethatékonysága volt a legkedvezőbb és a kisméretűeké a legkedvezőtlenebb. A kisméretű és a közepes méretű üzemek hatékonysága között nem volt jelentős az eltérés, míg a nagyméretű üzemek esetében a mérethatékonyság a kukorica kivételével

növekedett. Magyarországon az ipari szintű bioüzemanyag termelés beindulása a kis és közepes méretű üzemek esetében nem hatott ösztönzőleg a hatékonyság növelésében, míg a nagyméretű üzemek esetében kismértékben csökkentek a hatékonysági tartalékok a szántóföldi növénytermelésben.

A magyarországi üzemek a rendelkezésükre álló termelési tényezők optimális felhasználásával jelentős mértékben tudnák növelni a megtermelt termények mennyiségét. A többlettermelés az élelmezésbiztonságot nem veszélyeztetve felhasználható lenne exportra, vagy bioüzemanyag előállítására pótlólagos jövedelemforrást biztosítva ezzel az üzemek számára. Az előállított többlet bioüzemanyag értékesíthető lenne azon országok számára, amelyek adottságai nem teszik lehetővé a bioüzemanyagok alapanyagainak megtermelését.

Az Európai Bizottság 2017-ben 7%-ban korlátozta a hagyományos bioüzemanyagok felhasználását. Az Unió szándéka ezzel az élelmiszer alapanyagok fokozatos kivezetése és a fejlett bioüzemanyagokkal, valamint hidrogéncellákkal, illetve elektromos akkumulátorokkal való felváltása volt. Ezek a fejlett rendszerek azonban technológiailag még mindig nem kiforrottak, így egyelőre a bioüzemanyagoknak van a gyakorlatban létjogosultságuk.

6 ÖSSZEFOGLALÁS

Doktori disszertációm célja a hagyományos bioüzemanyag termeléssel kapcsolatban felmerült vitatott gazdasági kérdések megválaszolása volt. Az elemzést jelentősen megnehezítette a pontos és megbízható adatok hiánya. Bár a bioüzemanyagok termelésével és felhasználásával kapcsolatban gyűjtött adatok köre egyre bővül, az egyes országokban az energetikai célra felhasznált alapanyagokkal kapcsolatos adatgyűjtések még mindig nem teljes körűek, így a bioüzemanyagok alkalmazásának gazdasági és környezeti hatásait igen nehéz reálisan elemezni.

A bioüzemanyagok előállítása alapvetően politikai döntés kérdése. A bioüzemanyag termelése mellett szóló érvek között környezetvédelmi, energiapolitikai és agrárpolitikai célok is szerepelnek. Az egyes országokat azonban más-más tényező ösztönzi a bioüzemanyagok termelésének és felhasználásának növelésére.

Az Európai Bizottság 2017-ben 7%-ban korlátozta az első generációs bioüzemanyagok termelését. Az Unió szándéka ezzel az élelmiszer alapanyagok fokozatos kivezetése és a fejlett bioüzemanyagokkal, valamint hidrogéncellákkal, illetve elektromos akkumulátorokkal való felváltása volt. Ezek a fejlett rendszerek azonban technológiailag még nem kiforrottak, így egyelőre a bioüzemanyagoknak van a gyakorlatban létjogosultságuk.

Kutatási eredményeim szerint a hagyományos bioüzemanyagok termelése az Európai Unióban jelentősen már nem fog növekedni. A termelés mértéke a legtöbb bioüzemanyagot előállító országokban már elérte a telítődési pontját és a többi országban sem várható jelentősebb növekedés a termelésben.

A szántóföldi növénytermelés hatékonysága és a bioüzemanyag termelés mennyisége között nem lehet szignifikáns kapcsolatot kimutatni. Ennek oka, hogy a hagyományos bioüzemanyagokat előállító országok nagymennyiségben használnak fel importált alapanyagokat a bioüzemanyagok termelésére, ami nem gyakorol hatást az adott ország szántóföldi növénytermelésének hatékonyságára. A vizsgált országok közül csak Magyarország esetében volt szignifikáns a kapcsolat a két tényező között, amiből arra következtethetünk, hogy szántóföldi növénytermelési lehetőségeihez mérten Magyarország határozta meg legoptimálisabban bioüzemanyag politikáját.

Az energianövények termelése nem jár magasabb jövedelmezőséggel a gazdák számára. Az élelmezésre, takarmányozásra és energetikai célokra felhasználható szántóföldi növények termeléstechológiájában nincs számottevő különbség, így a termelési költségekben sincs különbség. A szántóföldi növénytermelő üzemek csak akkor tudnának magasabb jövedelmezőséget elérni, ha az energetikai célra értékesített terményeket magasabb áron értékesítenék, mint az élelmezési és takarmányozási célra felhasznált növényeket. A bioüzemanyag termelők érdeke, hogy minél alacsonyabb áron, minél jobb minőségű alapanyaghoz jussanak, így a termelők csak a költségeik minimalizálásával tudják növelni az árbevételüket.

Magyarországon a szántóföldi növénytermelés teljes tényezős termelékenysége aggregáltan kismértékben növekedett a 2004 és 2015 közötti időszakban. Ehhez a kismértékű növekedéshez többféle tényező is hozzájárult, azonban a vizsgált időszakban a gabonafélék felhasználása azt jelzi, hogy az ipari célú használat növekedett a legnagyobb ütemben, így arra következtethetünk, hogy a magyarországi bioüzemanyag termelés hozzájárult a szántóföldi növénytermelés termelékenységének növekedéséhez. A termelékenység növekedésének pontos meghatározása azonban további kutatást igényel.

Amíg a folyamatosan termelő tevékenységet végző üzemek hatékonysága növekedett a vizsgált időszakban, addig a bioüzemanyag termelésére is felhasználható búza, kukorica, napraforgó és repce termelésében a már amúgy is magas hatékonysági tartalékok tovább növekedtek. A szántóföldi növénytermelésben lévő tartalékok nagyságára az egyre nagyobb mértékű állami támogatások sem gyakoroltak pozitív hatást. További kutatások tárgyát képezheti a szántóföldi növénytermelésben lévő tartalékok okainak pontosabb feltárása.

Azokban az országokban, amelyek gabonából magas önellátottsági mutatóval rendelkeznek, a hagyományos bioüzemanyagok termelése jó alternatívának bizonyul az élelmezésen és takarmányozáson felül keletkező készletek levezetésére. Ezekben az országokban a bioüzemanyagok termelése a hozzáadott érték miatt a gazdaság növekedéséhez is hozzájárul. Bármilyen alapanyagból előállított bioüzemanyagról van is szó, nagyon fontos, hogy az energia megtérülése pozitív legyen, és ne állítsanak elő olyan energiát, ami magasabb energiaráfordítással jár, mint amit a folyamat végén kinyerünk.

7 SUMMARY

The aim of my doctoral dissertation was to answer the disputed economic questions regarding traditional biofuel production. The lack of accurate and reliable data rendered the analysis significantly more difficult. Although the range of information collected regarding the production and utilization of biofuels is expanding, the data collection about the raw materials used for energy purposes in individual countries is still not full-range, therefore the realistic analysis of economic and environmental impact of using biofuels is very difficult.

The production of biofuels is basically a political decision. The arguments for biofuel production include environmental and energy policy as well as agricultural policy objectives. Each country, however, is driven by different factors to increase its production and utilisation of biofuels.

The European Commission restricted the production of first-generation biofuels to 7% in 2017. The intent of the European Union with this was to gradually withdraw and replace the food raw materials with developed biofuels, hydrogen cells as well as electric batteries. These developed systems, however, are not yet that mature in terms of technology, therefore – for the time being – biofuels are still applicable in practice.

According to my research results, the production of traditional biofuels is not going to expand considerably in the European Union. The volume of production has reached its saturation point in most of the countries producing biofuel and significant growth in production cannot be expected in the other countries, either.

Significant relation between the efficiency of field crop production and the volume of biofuel production cannot be confirmed. The reason for this is that the countries producing traditional biofuels use imported raw materials in great quantities for biofuel production and it does not have any impact on the efficiency of field crop production in the given country. Out of the examined countries, significant relation could be found between the two factors only in case of Hungary, which may lead to the conclusion that – compared to its possibilities in field crop production – Hungary has determined its biofuel policy the most optimally.

The production of energy crops does not entail higher profitability for the farmers. There is no significant difference in the production technology of field crops used for human nutrition, animal feeding or energy purposes, therefore there is no difference in production costs, either. The field crop production farms could achieve higher profitability only if they marketed the produce for energy purposes at a higher price than the crop sold and utilised for human nutrition or animal feeding purposes. It is in the interest of biofuel producers to get the best quality raw material at the lowest possible price, therefore the farmers can increase their price income only by minimising their costs.

In Hungary, the total-factor productivity of field crop production increased slightly aggregated during the period from 2004 to 2015. Multiple factors contributed to this small degree of expansion, but the utilisation of cereals in the examined period indicates that significant ratio of cereals produced were used for industrial purposes, therefore it can be concluded that the Hungarian biofuel production contributed to the increasing productivity of field crop production. The exact definition of productivity growth, however, requires further research work.

While the efficiency of plants conducting permanent producing activities increased during the examined period, the already high efficiency reserves in the production of wheat, maize, sunflower and rape – which can be used for biofuel production, too – further increased. The volume of

reserves in field crop production were not affected positively by the increasing degree of state subsidies. Further research projects can deal with exploring the reasons for the existence of reserves in field crop production in detail.

In those countries, which have high self-sufficiency indicator regarding cereals, the production of traditional biofuels proved to be a good alternative for utilising the stocks remaining after human nutrition and animal feeding. Biofuel production in these countries also contributed to the economic growth due to the added value. Whatever raw material is used for the production of biofuel, it is extremely important to make sure that there is a positive return on the energy, and energy is not produced with higher energy input than the output at the end of the process.

8 MELLÉKLETEK

M1: HIVATKOZOTT IRODALMAK

1. ABDULAI A., EBERLIN R. (2001): Technical efficiency during economic reform in Nicaragua: evidence from farm household survey data, *Economic System*, 25. (2.), p. 113–125.
2. AGUILAR R., BIGSTEN A. (1993): An analysis of differences in technical efficiency among Kenyan smallholders, *Eastern Africa Economic Review*, 9. (2.), p. 295–306.
3. ALI F., PARIKH A., SHAH M. (1994): Measurement of profit efficiency using behavioral and stochastic frontier approaches, *Applied Economics*, 26. (2.) p. 181–188.
4. ALY H. Y., BELBASE K., GRABOWSKI R., KRAFT S. (1987): The technical efficiency of Illinois grain farms: an application of a Ray-Homothetic production function, *Southern Journal of Agricultural Economics*, 19. (1.) p. 69–78.
5. AMARA N., TRAORE´ N., LANDRY R., ROMAIN R. (1999): Technical efficiency and farmers' attitudes toward technological innovation: the case of the potato farmers in Quebec, *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 47. (1.) p. 31–43.
6. ARAUJO C., ARAUJO-BONJEAN C. (1999): Mesure de L'efficacite´ Economique des Modes de Faire Valoir au Brésil, *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 47. (2.) p. 181–197.
7. BAFFES, J., HANIOTIS, T. (2010): Placing the 2006/2008 Commodity Price Boom into Perspective, *World Bank Policy Research Working Paper*, no. 5371., 42 p.
8. BAI A. (2011): Újabb generációs bioüzemanyagok perspektívái, *Magyar Tudomány*, 2011 (7.), p. 861-871.
9. BAI A. (2013): A bioetanol és a második generációs biohajtóanyagok, Debreceni Egyetem, Online: http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop412A/2011-0085_bioetanol_es_a_masodik_generacios_biohajtoanyagok/ch05s05.html, Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: A bioetanol és a második generációs biohajtóanyagok, Letöltés: 2018.03.04
10. BAI A., JOBBÁGY P. (2011): Az első generációs bio-üzemanyagok módosuló megítélése, Szakértői tanulmány, Debrecen: GKI Energiakutató és tanácsadó Kft., 70 p.
11. BAI A., JOBBÁGY P. (2014): A bio-üzemanyagok válság utáni alakulása, kilátásai, *Energiapolitikai Füzetek*, XXIX. szám, 48 p.
12. BAI A., LAKNER Z., MAROSVÖLGYI B., NÁBRÁDI A. (2002): A biomassza felhasználása, Budapest: Szaktudás Kiadó Ház, 226 p.
13. BAKHSHOODEH M., THOMSON K. (2001): Input and output technical efficiency of wheat production in Kerman, Iran, *Agricultural Economics*, 24. (3.) p. 307–313.
14. BAKONYI P. (2012): A biohidrogén Escherichiacoli-val megvalósított előállításának és membrános szeparálásának vizsgálata, Doktori értekezés, Pannon Egyetem, Vegyészmérnöki- és Anyagtudományok Doktori Iskola, 106 p.
15. BAKUCS L. Z., LATRUFFE, L., FERTŐ I., FOGARASI J. (2010): The impact of EU-accession on farms' technical efficiency in Hungary, *Post-Communist Economies*, 22. (2.) 165-175 p.
16. BALCOMBE, K., DAVIDOVA, S., LATRUFFE, L. (2005a): Productivity change in Polish Agriculture: An application of a bootstrap procedure to Malmquist indices, European Association of Agricultural Economists (EAAE), International Congress, Copenhagen, Denmark, 14.p

17. BALCOMBE, K., DAVIDOVA, S., LATRUFFE, L. (2005b): Application of a double bootstrap to investigation of determinants of technical efficiency of farms in Central Europe, Institut National de la recherche Agronomique, Working Paper 05-03
18. BARÁT L., FERTŐ I. (2012): Heterogenitás és technikai hatékonyság: a magyar specializált szántóföldi növénytermesztő üzemek esete, Közgazdaság- és Regionális Tudományi Kutatóközpont Közgazdaság-tudományi Intézet, *Műhelytanulmányok*, 2012. (30.), 27 p.
19. BARÁTH L. (2010): A magyar és a keletnémet mezőgazdaság jövedelmi helyzetének és termelékenységének összehasonlító vizsgálata, Debreceni Egyetem, Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Gazdaságtudományi és Vidékfejlesztési Kar, Gazdaságelméleti Intézet, Ihrig Károly Gazdálkodás- és Szervezéstudományok Doktori Iskola, Debrecen, PhD disszertáció, p. 154
20. BARÁTH L., HOCKMANN, H., KESZTHELYI SZ., SZABÓ G. (2009): A teljes tényezőszemélyesség változásának forrásai a magyar mezőgazdaságban (2001—2006), *Statisztikai Szemle*, 87. (5.), p. 471-492
21. BARÓTFI I. (2000): Biomassza energetikai hasznosítása, Megújuló energiaforrások hasznosítási technológiáinak KöM által meghatározott szempontok szerinti vizsgálata, Budapest: Energia Központ Kht., 89 p.
22. BASHIR M., MUHAMMAD K., KHAN M. (1995): An analysis of technical efficiency of wheat growers in irrigated areas of D. I. Khan, *Sarhad Journal of Agriculture*, 11., p. 245–251.
23. BATTESE G. E., COELLI T. J. (1989): Estimation of frontier production functions and the efficiencies of Indian farms using panel data from ICRISAT village level studies, *Journal of Quantitative Economics*, 5., p. 327–348.
24. BATTESE G. E., MALIK S., GILL M. (1996): An investigation of technical inefficiencies of production of wheat farmers in four districts of Pakistan, *Journal of Agricultural Economics*, 47, (1-4.) p. 37–49.
25. BERG, S. (2010): Water Utility Benchmarking, Measurement, Methodologies, and Performance Incentives, The International Water Association, ISBN: 978-184-3392-72-9
26. BEURSKENS, L. W. M., HEKKENBERG, M. (2011): European Environment Agency, Renewable Energy Projections as Published in the National Renewable Energy Action Plans of the European Member States, Covering all 27 EU Member States, 244 p.
27. BHATTACHARYYA A., BHATTACHARYYA A., KUMBHAKAR S. C. (1996): Government intervention, market imperfections, and technical inefficiency in a mixed economy: a case study of Indian agriculture, *Journal of Comparative Economics*, 22. (3.) p. 219–241.
28. BIRHER I., PUCSEK J., SÁNDOR L., SZTANÓ I. (2007): A vállalkozások tevékenységének gazdasági elemzése, Budapest: Perfekt Gazdasági Tanácsadó, Oktató és Kiadó Zrt., 526 p.
29. BÍRÓ T., KRESALEK P., PUCSEK J., SZTANÓ I. (2007): A vállalkozások tevékenységének komplex elemzése, Elemzés a beszámolók alapján, Perfekt Gazdasági, Tanácsadó, Oktató és Kiadó Zrt., 264 p.
30. BIZOTTSÁG 1242/2008/EK rendelete (2008): A mezőgazdasági gazdaságok közösségi tipológiájának létrehozásáról (2008.december 8.),
31. BOZSIK N., MAGDA R. (2010): Economic aspects of land use, *Gazdálkodás*, 24. különszám, p. 58-70.

32. BP (2017): Statistical Review of World Energy – underpinning data, 1965-2016, Online: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/downloads.html>, Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: bp statistical review 2017, Letöltés: 2018.04.08
33. BRAVO-URETA B. E., PINHEIRO A. (1997): Technical, economic, and allocative efficiency in peasant farming: evidence from the Dominican Republic, *Developing Economies*, 35. (1.) p. 48–67.
34. BRAVO-URETA, B. E., SOLÍS D., LÓPEZ V H. M, - MARIPANI J. F., THIAM, A., RIVAS, T. (2007): Technical efficiency in farming: a meta-regression analysis; *Journal of Productivity Analysis*, February 2007, 27, (1,) p. 57 - 72; Print ISSN: 0895-562X; Kluwer Academic Publishers - Plenum Publishers
35. BRINGEZU, S., SCHÜTZ, H., O'BRIEN, M., KAUPPI, L., HOWARTH, R W., McNEELY, J. (2009): Towards Sustainable Production and Use os Resources, Assessing Biofuels, United Nations Environment Programme, 40 p.
36. BYRNES P. (1987): Technical efficiency and size: the case of Illinois grain farms, *European Review of Agricultural Economics*, 14, (4,) p. 367–381.
37. CAVES, D., CHRISTENSEN, L., DIEWERT, E. (1982): The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity, *Econometrica*, 50, (6,) p. 1393-1414.
38. ČECHURA, L. (2012): Technical efficiency and total factor productivity in Czech agriculture, *Agric. Econ. – Czech*, 58. (4.) p. 147-156.
39. ČECHURA, L., KROUPOVA, Z. Z., RUDINSKAYA, T. (2015): Factors determining TFP changes in Czech agriculture, *Agricultural Economics – Czech*, 61. (12.) 543–551 p.
40. ČECHURA, L., RUDINSKAYA, T., PECHROVA, M. (2014): Factors determining TFP changes in Czech agriculture, *Agriculture and Countryside in Transition – Visegrad 4 versus other European and Asian countries*, IRWIR PAN, Visegrad Fund. 03. March, 2014
41. CHARNES, A., COOPER W. W., RHODES, E. (1978): Measuring the efficiency of decision making units, *European Journal of Operational Research*, 2. p. 429–444
42. CHEN, M., SMITH, M.P., WOLCOTT, P.M. (2016): U.S. Biofuels Industry: A Critical Review of Opportunities and Challenges, *BioProducts Business* 1. (4.), p. 42–59.
43. COELLI, T. J., RAO, D. S. P. (2003): Total Factor Productivity Growth in Agriculture: A Malmquist Index Analysis of 93 Countries, 1980-2000, Plenary Paper at the 2003 International Association of Agricultural Economics (IAAE) Conference in Durban, 31 p.
44. COELLI, T. J., RAO, D. S. P., O'CONNELL, C. J., BATTESE, G. E. (2005): *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Springer, Second Edition, 349 p.
45. COELLI, T., (1996): A guide to DEAP Version 2.1.: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program, Centre for Efficiency and Productivity Analysis, Department of Econometrics, University of New England, Armidale, Australia, 49 p.
46. COLLINS, K. J. (2008): The role of biofuels and other factors in increasing farm and food prices, A Review of Recent Developments with a Focus on Feed Grain Markets and Market Prospects, Supporting material for a review conducted by Kraft Foods Global, Inc., 34 p.
47. CRAFTS, N. (2008): What Creates Multi-Factor Productivity?, A joint European Central Bank, Banque de France and The Conference Board conference on the creation of economic and corporate wealth in a dynamic economy. 16–17 January, Frankfurt, 26 p.

48. CROPPENSTEDT A., MULAT D. (1997): An empirical study of cereal crop production and technical efficiency of private farmers in Ethiopia: a mixed fixed-random coefficients approach, *Applied Economics*, 29. (9.) p. 1217–1226.
49. CZAKÓ K., DUSEK T., KOPPÁNY K., POREISZ V., SZALKA É. (2013): A mérhetőkonyság vizsgálata a helyi kommunális szolgáltatásoknál, *Területi Statisztika* 53. (6.) p. 551-562.
50. CSANÁDY V., HORVÁTH-SZOVÁTI E., SZALAY L. (2013): Alkalmazott statisztika, Nyugat Magyarországi Egyetem, Sopron, ISBN: 978-963-334-243-5
51. CSIPKÉS M. (2011): Egyes energianövények gazdasági elemzése, valamint hatásuk a földhasználatra, Doktori (PhD) értekezés, Debrecen: Ihrig Károly Gazdálkodás és Szervezéstudományok Doktori Iskola, 221 p.
52. DEÁK ZS., FERENCZ Á. (2017): Rövid vágásfordulójú energetikai faültetvények pénzügyi teljesítménye, *Jelenkori Társadalmi és Gazdasági Folyamatok*, 12. (3.) p. 47-53.
53. DEL RÍO, P., BURGUILLO, M. (2009): An empirical analysis of the impact of renewable energy deployment on local sustainability, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13., p. 1314–1325.
54. DEMIR N., MAHMUD S. (1998): Regional technical efficiency differentials in the Turkish agriculture: a note, *Indian Economic Review*, Volume 33., Issue 2., p. 197–206.
55. EB (2017) Report from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Renewable Energy Progress Report, Brussels, COM(2017) 57 final
56. EB FADN (2016): Agriculture and Rural Development, Farm Accountancy Data Network, Online: http://ec.europa.eu/agriculture/rica/database/report_en.cfm?dwh=SO, Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: fadn, Letöltés: 2016.05.20
57. EC (2006): Biofuels in the European Union, A vision for 2030 and beyond, Final report of the Biofuels Research Advisory Council, Brussels: European Commission, 39 p.
58. EC (2008): 1242/2008 EC Eestablishing a Community typology for agricultural holding
59. EC (2009): 2009/28/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL, of 23 April 2009, on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC
60. EC (2010): Farm Accounting Data Network, An A to Z methodology, European Commission, Brussels, 94 p.
61. EC (2012): RI/CC 882 Rev.9.1, Community Committee for the Farm Accountancy Data Network (FADN), Definitions of Variables used in FADN standard results, 43 p.
62. EC (2015): 2015/1513 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL, of 9 September 2015, amending Directive 98/70/EC relating to the quality of petrol and diesel fuels and amending Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources
63. EC (2016): EU Reference Scenario 2016, Energy, Transport and GHG Emissions Trends to 2050, EUROPEAN COMMISSION Directorate-General for Energy, Directorate-General for Climate Action and Directorate-General for Mobility and Transport, 2016. July 20.
64. ECOFYS (2013): Biofuels and food security, Risks and opportunities, By Carlo Hamleinck, ECOFYS Netherlands B.V., 29 p.

65. ECOFYS (2014): Greenhouse gas impact of marginal fossil fuel use, Ecofys Netherland B.V., 36 p.
66. EIA, (2018): International Energy Statistics, U. S. Energy Information Administration, Online:
https://www.eia.gov/beta/international/data/browser/#/?pa=000001g&c=4100000002000060000000000000g0002&tl_type=a&tl_id=1-A&vs=INTL.80-1-AFRC-TBPD.A&vo=0&v=H&start=2004&end=2014, Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: eia beta international energy statistics, Letöltés: 2018.04.08
67. EU AGRICULTURAL OUTLOOK (2016): Prospect for the EU agricultural markets and income 2016-2026, European Commission, Agriculture and Rural Development, 43 p.
68. EUROBSERV'ER (2017): The state of renewable energies in Europe 2017, 17th EurObserv'ER Report, Párizs, 286 p.
69. EUROSTAT (2016): Supply, transformation and consumption of renewable energies - annual data (nrg_107a), Online: <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>, Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: eurostat, Letöltés: 2016.06.14
70. EUROSTAT (2017): Concepts and Definitions, Eurostat's Concepts and Definitions Database, Online:
http://ec.europa.eu/eurostat/ramon/nomenclatures/index.cfm?TargetUrl=DSP_GLOSSARY_NOM_DTL_VIEW&StrNom=CODED2&StrLanguageCode=EN&IntKey=16424035&RdoSearch=&TxtSearch=&CboTheme=&IntCurrentPage=2, Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: eurostat ramon, Letöltés: 2017.03.16
71. EUROSTAT (2017a): Share of energy from renewable sources [nrg_ind_335a], Share of energy from renewable sources in Transport, Online:
<http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>, Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: eurostat, Letöltés: 2017.10.30
72. EUROSTAT (2018): Share of energy from renewable sources [nrg_ind_335a], Online:
http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nrg_ind_335a&lang=en, Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: eurostat share of energy from renewable sources, Letöltés: 2018.09.01
73. EUROSTAT (2018a): Final energy consumption by product (ten00095), Online:
<http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>, Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: eurostat, Letöltés: 2018.01.06
74. FANDEL, P. (2014): What is behind biased technical change in production of cereal and oilseed crops in Slovakia?, *Review of Agricultural and Applied Economics (RAAE)*, 17. (2.)
75. FAO (2008): The State of Food and Agriculture, Biofuels: prospects, risks and opportunities, FAO, Róma, 2008. 138 p
76. FAO (2013): Biofuels and the sustainability challenge: A global assessment of sustainability issues, trends and policies for biofuels and related feedstock, Rome: Trade and Markets Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 188 p.
77. FAO (2018): Food Price Index, Online: <http://www.fao.org/worldfood-situation/foodpricesindex/en/>, Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: fao food price index, Letöltés: 2018.08.05
78. FÄRE, R., GROSSKOPF, S. (1998): The Professional Tool for Efficiency and Productivity Measurement, Reference Guide to OnFront, Economic Measurement and Quality Corporation, 52 p.

79. FÄRE, R., GROSSKOPF, S., LINDGREN, B., ROOS, P. (1992): Productivity changes in Swedish pharmacies 1980-1989: A non-parametric approach, *Journal of Productivity Analysis*, 3. (1-2.) p. 85-101.
80. FÄRE, R., GROSSKOPF, S., NORRIS, M., ZHANG, Z. (1994): Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries, *The American Economic Review* 84, p. 66–83.
81. FARGIONE, J., HILL, T., TILMAN, D., POLASKY, S., HAWTHORNE, P. (2008): Land Clearing and the Biofuel Carbon Debt, *Science Express*, 319., p. 1235-1238.
82. FARKASNÉ F. M., SZÚCS I., VARGA T. (2008): A relatív hatékonyság mérésének módszere és gyakorlati alkalmazások: Hatékonysági összetevők vizsgálata Malmquist-index alkalmazásával a fontosabb mezőgazdasági ágazatokban, In: SZÚCS I., FARKASNÉ F. M. (2008): *Hatékonyság a mezőgazdaságban (Elmélet és gyakorlat)*, Budapest: Agroinform Kiadó, 357 p.
83. FARKASNÉ F. M., SZÚCS I., VARGA T. (2009): Malmquist-index alkalmazása a komplex tényező hatékonyság mérésére, Miskolci Egyetem, Gazdaságtudományi Kar, VII. Nemzetközi Konferencia, p. 102-109.
84. FARRELL, M, J, (1957): The measurement of productive efficiency, *Journal of the Royal Statistical Society*, Series A, 120. (3.) p. 253–281.
85. FEHÉR I., KISS I. (2013): Változások az európai gabonatermelésben 2000 és 2010 között, *Gazdálkodás*, 57. (4.) p. 331-341.
86. FEKETE-FARKAS, M., SZUCS, I., VARGA, T. (2012): Technological progress and efficiency change In: *Hungarian Agriculture*, International Association of Agricultural Economists (IAAE) Triennial Conference, 14 p.
87. FELKAI B. O., LÁMFALUSI I., VARGA T. (2013): Változások néhány növénytermelési ágazat hatékonysági tartalékaiban Magyarország uniós tagsága idején, *Gazdálkodás, Agrárökonómiai tudományos folyóirat*, 57. (2.)
88. FERENCZ Á. (2016): Támogatás hatása a kukoricatermesztés eredményességére, In: Takácsné, György Katalin (szerk.) XV. Nemzetközi tudományos napok: Innovációs kihívások és lehetőségek 2014 - 2020 között, Gyöngyös, Károly Róbert Főiskola, p. 427-431.
89. FERTŐ I., BARÁTH L. (2014): Hatékonyság és külkereskedelmi versenyképességi vizsgálatok a kelet- és közép-európai országokban: irodalmi áttekintés, *Gazdálkodás, Agrárökonómiai tudományos folyóirat*, 58. (3.) p. 263-278
90. FOGARASSY CS. (2001a): Rationalisation of production structure of plow-land energy crops in Hungary. *Die Bodenkultur - Austrian Journal of Agricultural Research*. 52. Band/Heft 3/ p. 225-231.
91. FOGARASSY CS. (2001b): Energianövények a szántóföldön, Gödöllő: SZIE GTK Európai Tanulmányok Központja, Szent István Egyetem, ISBN 963 9256 47 1, 144. p.
92. FOGARASSY CS., VASA L., LEITMANN Á. (2001): Az energianövény-termesztés helye a multifunkcionális mezőgazdaságban, In: Jávora A, Szemán L (szerk.), *Innováció, a tudomány és a gyakorlat egysége az ezredforduló agráriumában*. 534 p. Konferencia helye, ideje: Gödöllő, Magyarország, 2001.05.17-2001.05.18. Gödöllő; Debrecen: DE MGTK; SZIE MKK, 2001. pp. 135-143.
93. FØRSUND, F. R., HJALMARRSON, L. (1978): Generalized Farrell Measures of Efficiency: An Application to Milk Processing in Swedish Dairy Plants, No.17, 28.p.

94. FÜLÖP J., TEMESI J. (2001): A Data Envelopmen Analysis (DEA) alkalmazása ipari parkok hatékonyságának vizsgálatára, *Sigma*, 32. (3-4.), p. 85-109
95. FÜSTÖS L. (2009): A sokváltozós elemzés módszerei, *Módszertani füzetek* 2009/1., MTA Szociológiai Kutatóintézete, Társadalomtudományi Elemzések Akadémia Műhelye
96. FÜSTÖS L., KOVÁCS E., MÉSZÁROS GY., SIMONNÉ M. N. (2007): Alakfelismerés, Sokváltozós statisztikai módszerek, Új Mandátum Könyvkiadó, ISBN: 979-963-949-453-3
97. GALLAGHER, E. (2008): The Gallagher Review of the indirect effects of biofuels production, Renewable Fuels Agency, 90 p.
98. GALONOPOULOS, K., SURRY, Y., MATTAS, K. (2008): Agricultural Productivity Growth in the Euro-Med Region: Is there Evidence of Convergence?, 12th Congress of the European Association of Agricultural Economists, Gent, Belgium
99. GÉMESI ZS., MOLNÁR A., POPP J. (2009): Az agrárszféra energiapolitikai összefüggései, igények és lehetséges források (2030-ig), Bioenergia prognózis 2015., 2020. és 2030. évre: hő, villamos energia és bioüzemanyag forgatókönyvek, Kézirat, Budapest, 79 p.
100. GIANNAKAS K., SCHONEY R., TZOUVELEKAS V. (2001): Technical efficiency, technological change and output growth of wheat farms in Saskatchewan, *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 49. (2.) p. 135–152.
101. GORDON, J., ZHAO, S H., GREYTON, P. (2015): On Productivity: Concepts and Measurement, Australian Government: Productivity Commission Staff Research Note, February, 21 p.
102. GYULAI I. (2010): A biomassza-dilemma, Budapest: Magyar Természetvédők Szövetsége, 4. átdolgozott kiadás, 116 p.
103. HADRI K., GUERMAT C., WHITTAKER J. (2003a): Estimating farm efficiency in the presence of double heteroscedasticity using panel data, *Journal of Applied Economics*, 6. (2.) p. 255–268.
104. HADRI K., GUERMAT C., WHITTAKER J. (2003b): Estimation of technical inefficiency effects using panel data and doubly heteroscedastic stochastic production frontiers, *Empirical Economics*, 28. (1.) p. 203–222.
105. HANCSÓK J. (2004): Korszerű motor- és sugárhajtómű üzemanyagok III., Alternatív motorhajtóanyagok, Veszprém: Veszprémi Egyetemi Kiadó, p. 430
106. HASNAH, FLEMING E., COELLI T. (2004) Assessing the performance of a nucleus estate and smallholder scheme for oil palm production in West Sumatra: a stochastic frontier analysis, *Agricultural System*, 79. (1.) p. 17–30.
107. HASSELT, von M-L. (2013): The biofuel market in the Netherlands in perspective, Wageningen University and Research, 38 p.
108. HEADEY, D., ALUDDIN, M., RAO, D. S. P. (2010): Explaining Agricultural Productivity Growth: An International Perspective, *Agricultural Economics*, 41. p. 1-14
109. HINGYI H., KÜRTHY GY., RADÓCZNÉ KOCSIS T. (2006): A mezőgazdasági eredetű folyékony bioüzemanyagok termelésének piaci kilátásai, *Agrárgazdasági Tanulmányok*, 2006. (8.), Budapest: Agrárgazdasági Kutató Intézet, 163 p.
110. HLPE (2013): Biofuels and food security, A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security, Rome, 132 p.
111. HOCHMAN, G., ZILBERMAN, D. (2016): Corn Ethanol and US Biofuel Policy Ten Years Later: A Systematic Review and Meta-analysis, Selected Paper prepared for presentation at

- the 2016 Agricultural & Applied Economics Association Annual Meeting, Boston, Massachusetts, July 31-August 2, 48 p.
112. HUNYADI L. (2004): A logisztikus függvény és a logisztikus eloszlás, *Statisztikai Szemle* 82. (10-11.), p. 991-1011.
 113. HÜTTL A. (2017): A termelékenységszámítás néhány koncepcionális kérdése és statisztikai vonatkozása, *Statisztikai Szemle*, 95. (6.), p. 576-598.
 114. ICCT (2017): International Council on Clean Transportation, The European Commission's Renewable Energy Proposal for 2030, Policy update, 2017 january
 115. IFPRI (2008): International food prices: the what, who, and how of proposed policy action, Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute, 28 p.
 116. ILLÉS, B. CS., DUNAY, A., VIDA, A. (2013): Position of Hungary on EU's Map of Renewable Energy Sources In: Valerij, Dermol, V., Trunk Širca, N., Đaković, G. (eds.) *Active Citizenship by Knowledge Management & Innovation*. ToKnowPress, Lublin - Celje - Bangkok, p. 1397-1405.
 117. ILLÉS, B. CS., DUNAY, A., VIDA, A. (2014): Microeconomic modelling methods for utilizing renewable agricultural energy resources. In: Ugródsy, Gy., Molnár, J. Szűcs, I. (eds.) *The Evaluation of Natural Resources*. Agroinform Kiadó és Nyomda Kft., Budapest, p. 273-292.
 118. ILLÉS, B. CS., VIDA, A. (2009): Small scale ethanol production – micro and macro economical efficiency study. In: Guither, H. H., Merry, J. L., Merry, C. E. (eds.) *Proceedings of the 17th International Farm Management Congress Bloomington (IL)*. IFMA, USA, p. 621-633.
 119. JOHNSON S., BOUZAHER A., CARRIQUIRY A., JENSEN H., LAKSHMINARAYAN P. (1994): Production efficiency and agricultural reform in Ukraine, *American Journal of Agricultural Economics*, 76. (3.) p. 629–635.
 120. KALAITZANDONAKES N., DUNN E. (1995): Technical efficiency, managerial ability and farmer education in Guatemalan corn production: a latent variable analysis, *Agricultural and Resource Economics Review*, 1995, 24. (1.) p. 36-46.
 121. KALAITZANDONAKES N., WU S., MA J. (1992): The relationship between technical efficiency and firm size revisited, *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 40. (3.) p. 427–442.
 122. KALIRAJAN, K. (1986): Measuring technical efficiencies from interdependent multiple outputs frontiers, *Journal of Quantitative Economics*, 2. p. 263–274.
 123. KÁPOSZTA J., FOGARASSY CS, HORVÁTH M. (2006): A magyarországi biodízel célú repcetermesztés lehetőségeinek ökológiai, ökonómiai és stratégiai értékelése, Tanulmány, Tempora Bioenergia Zrt. megbízásából. Pécs-Gödöllő, p. 124
 124. KAZAI ZS., VARGA K. (2007): Bioüzemanyagok a környezeti és gazdasági fenntarthatóság tükrében, Energia Klub: Energia Klub memorandum 5., 7 p.
 125. KEHL D., SIPOS B. (2010): A telítődési, a logisztikus és az életgörbe alakú trendfüggvények becslés Excel parancsfájl segítségével, *Statisztikai Szemle*, 87. (4.) p. 381-411.
 126. KESZTHELYI K., PESTI CS., TÓTH T. (2003): Mezőgazdasági vállalkozások regionális vizsgálata (2002), *Magyar Internetes Agrárinformatikai Újság*, 62. Paper miauj2-1., 7 p. Online: <http://miau.gau.hu/miau/62/miauuj2.doc>, Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: Mezőgazdasági vállalkozások regionális vizsgálata (2002), Letöltés: 2018.02.24.

127. KESZTHELYI SZ. (2009): A tesztüzemi rendszer bemutatása, Online: <https://www.aki.gov.hu/publikaciok/publikacio/a:1/A+teszt%C3%BCzemi+rendszer+bemutat%C3%A1sa>, Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: a tesztüzemi rendszer bemutatása, Letöltés: 2017.03.18
128. KESZTHELYI SZ., KOVÁCS G. (2002): A tesztüzemek 2001. évi gazdálkodásának eredményei, Agrárgazdasági Kutató és Informatikai Intézet, Budapest
129. KESZTHELYI SZ., PESTI CS. (2012): A tesztüzemi információs rendszer eredményei 2010, Agrárgazdasági Kutató Intézet, Budapest, Online: http://repo.aki.gov.hu/343/1/ai_2012_03_tesztuzemi_%282%29.pdf Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: a tesztüzemi információs rendszer eredményei 2010, Letöltés: 2016.10.14
130. KETSKEMÉTY L., IZSÓ L., KÖNYVES TÓTH E. (2011): Bevezetés az IBM SPSS Statistics programrendszerbe, Artéria Stúdió Kft, Budapest, ISBN: 978-963-08-1100-2
131. KOESTER, U., LOY, J. P. (2016): KAP-reform – az EU közvetlen kifizetésekre kidolgozott új módszertanának értékelése, *Gazdálkodás*, 60. (6.) p. 474-484
132. KOHLHÉB N., PODMANICZKY M., ÁNGYÁN J. (2005): Mezőgazdasági támogatások, In: NEMES CS. (szerk.) *Tiltandó támogatások*, Budapest: L'Harmattan Kiadó, (Környezet és Társadalom, XXI. századi foratókönyvek), 300 p.
133. KOHLHÉB, N., ILLÉS, B. CS., ÁNGYÁN, J. (1995): Németországi gyakorlati tapasztalatok a biogáz hasznosításban. *Gazdálkodás*, 39. (3.) p. 73-80.
134. KOÓS B., KIRÁLY G., HAMAR A., NÉMETH K. (2016): Fenntartható vidéki reneszánsz egy bioetanol-üzem példáján keresztül, Magyar Tudományos Akadémia, Regionális Kutatások Intézete, Közgazdasági és Regionális Kutatások Központja, 39 p.
135. KSH (2017a): Agráröllő, A mezőgazdasági termelők árak és ráfordítások árindexei, Online: http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_qsma001b.html, Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: ksh stadat agráröllő, Letöltés: 2017.05.28
136. KSH (2017c): A fontosabb szántóföldi növények betakarított területe, összes termése és termésátlaga, Online: https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_omn007a.html, Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: 4.1.19. STADAT – Idősoros éves adatok-Mezőgazdaság, Letöltés: 2017.12.02
137. KSH (2018): A foglalkoztatottak száma, 1990-2017, Online: http://www.ksh.hu/docs/hun/agrar/html/tab1_1_2.html, Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: ksh, a foglalkoztatottak száma 1990-2017, Letöltés: 2018.07.01
138. KSH (2019): A fontosabb gabonafélék termesztése és felhasználása (2013–), Online: http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_omn002a.html, Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: ksh, gabonafélék termesztése és felhasználása, Letöltés: 2019.02.02
139. KUMBHAKAR, S. C., LIEN, G. (2010): Impact of Subsidies on Farm Productivity and Efficiency. In: Ball, V. E. – Fanfani, R. – Gutierrez, L. (2010): *The Economic Impact of Public Support to Agriculture. An International Perspective, Studies in Productivity and Efficiency*, Vol 7. Springer, New York, 344 p.
140. KURKALOVA L., CARRIQUIRY A. (2003): Input- and output-oriented technical efficiency of Ukrainian collective farms, 1989–1992: Bayesian analysis of a stochastic production frontier model, *Journal of Productivity Analysis*, 20. (2.) p. 191–211.
141. LÁNG I. (szerk.) (1985): A biomassza komplex hasznosításának lehetőségei, Budapest: Mezőgazdasági Kiadó, 249 p.

142. LÁSZLÓK A. (2012): Impact of energy crop production on employment, 7th International Conference for Young Researchers, Breakthrough Points of World Economy in the 21st Century, Gödöllő, CD kiadvány, p. 688-699., ISBN 978-963-269-319-4
143. LÁSZLÓK A. (2013): Impact of energy crop production on land use in Hungary, Journal of International Scientific Publications: Economy & Business, Volume 7, Part 1, p. 26-33., ISSN 1313-2555
144. LÁSZLÓK A. (2015): Energianövény termelés a szántóföldön, „A vidék él és élni akar”, II. Gazdálkodás és Menedzsment Tudományos konferencia, Kecskemét, p. 824-828., ISBN 978-615-5192-34-0 (II. kötet)
145. LÁSZLÓK A. (2016): Az elsődleges biomassza termelés alakulása Magyarországon, „Innovációs kihívások és lehetőségek 2014-2020 között”, XV. Nemzetközi Tudományos Napok, Gyöngyös, p. 1017-1024., ISBN: 978-963-9941-92-2
146. LATRUFFE L., BALCOMBE K., DAVIDOVA S., ZAWALINSKA K. (2004): Determinants of technical efficiency of crop and livestock farms in Poland, *Applied Economics*, 36. (12.) p.1255–1263.
147. LATRUFFE L., BALCOMBE K., DAVIDOVA S., ZAWALINSKA K. (2005): Technical and scale efficiency of crop and livestock farms in Poland: does specialization matter?, *Agricultural Economics*, 32. (3.) p. 281–296.
148. LATRUFFE, L. (2010): Competitiveness, Productivity and Efficiency in the Agricultural and Agri-Food Sectors, OECD Food, *Agriculture and Fisheries Papers*, No. 30, OECD Publishing, Paris.
149. LATRUFFE, L., BAKUCS, L., BOJNEC, S., FERTO, I., FOGARASI, J., GAVRILESCU, C., JELINEK, L., LUCA, L., MEDONOS, T., TOMA, C., (2008): Impact of public subsidies on farms' technical efficiency in New Member States before and after EU accession, 2th Congress of the European Association of Agricultural Economists – EAAE, 5 p.
150. LATRUFFE, L., FOGARASI, J., DESJEUX, Y. (2012): Efficiency, productivity and technology comparison for farms in Central and Western Europe: The case of field crop and diary farming in Hungary and France, *Economic System* 36., pp. 264-278.
151. LEHOCZKY M., TAKÁCS I. (1981): A melléktermék felhasználás műszaki fejlesztésének lehetősége és gazdaságosságának összefüggése, Kutatási jelentés, Gödöllő, MÉM Műszaki Intézet, 24 p.
152. LEHOCZKY M., TAKÁCS I. (1983): Növénytermesztési melléktermékek hasznosításának ökonómiai értékelése. In: MTA-MÉM Agrár-Műszaki Bizottság Kutatási Tanácskozás. Gödöllő, 1983. január 18-19.
153. LONDO, M., LENSINK, S., WAKKER, A., FISCHER, G., PRIELER, S., VELTHUZIEN, H. van, WIT, M. de, FAAIJ, A., JUNGINGER, M., BERNDEN, G., HANSSON, J., EGESKOG, A., DUER, H., LUNDBAEK, J., WISNIEWSKI, G., KUPCZYK, A., KÖNIGHOFER, K. (2010): The REFUEL EU road map for biofuels in transport: Application of the project tools to some short-term policy issues, *Biomass and Bioenergy*, 34. (2.), p. 244-250.
154. MALMQUIST, S. (1953): Index numbers and indifference surfaces, *Trabajos de Estadística*, 4, p. 209-242.
155. MANDIL, C., SHIHAB-ELDIN, A (2010): Assessment of Biofuels, Potential and Limitations, International Energy Forum, 59 p.

156. MAO, W., KOO, W. W. (1997): Productivity Growth, Technological Progress, and Efficiency Change in Chinese Agriculture after Rural Economic Reforms: A DEA Approach, *China Economic Review*, 8, (2,) Autumn 1997, p. 157-174
157. MATA, T. M., MARTINS, A. A., SIKDAR, S. K., COSTA, C. A. V. (2011): Sustainability considerations of biodiesel based on supply chain analysis, *Clean Technologies and Environmental Policy*, 13. (5.), p. 655-671.
158. McCLOUD, N., KUMBHAKAR, S. C. (2008): Do subsidies drive productivity? A cross-country analysis of Nordic dairy farms. In: Chib, S. – Griffiths, W. – Koop, G. – Terrell, D. (eds.): *Advances in Econometrics: Bayesian Econometrics*, 23, 245-274. p., Emerald Group Publishing
159. MEGYES A. (2013): Energianövény termesztési technológiák, Debreceni Egyetem. Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Online: https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0085_energianoveny_termesztesi_technologiak/index.html, Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: tankonytar megyes energianövény termesztési technológiák, Letöltés: 2018.04.29
160. MEHDIAN S., HERR W., EBERLE P., GRABOWSKI R. (1988): Toward an appraisal of the FMHA credit program: a case study of the efficiency of borrowers in Southern Illinois, *Southern Journal of Agricultural Economics*, 20. p. 93–99.
161. MITCHELL, D. (2008): A Note on Rising Food Prices, *World Bank Policy Research Working Paper*, no. 4682., 21 p.
162. MIZIK T. (2018): A bioetanol helyzete és lehetőségei Magyarországon, XXXVII. Óvári Tudományos Napok, Fenntartható agrárium és környezet, az Óvári Akadémia 200 éve - múlt, jelen, jövő Mosonmagyaróvár, VEAB Agrártudományi Szakbizottság, Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, p. 59-65.
163. NÁBRÁDI A, PETŐ K. (2009): Különböző szintű hatékonysági mutatók, In: *Tartamkísérletek a mezőgazdaság szolgálatában*, Debrecen: Debreceni Egyetem Kutató Központja, p. 1-21, ISBN 978-963-473-292-1
164. NEFF D., GARCIA P., HORNBAKER R. (1991): Efficiency measures using the Ray-Homothetic function: a multiperiod analysis, *Southern Journal of Agricultural Economics*, 23. (2.) p. 113–121.
165. NFM (2010): Nemzeti Fejlesztési Minisztérium: Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terve, A 2020-ig terjedő megújuló energiahordozó felhasználás alakulásáról, (a 2009/28/EK irányelv 4. cikk (3) bekezdésében előírt adatszolgáltatás), 2010, december
166. NFM (2012): Nemzeti Fejlesztési Minisztérium: Nemzeti energiasztratégia 2030, 136 p., ISBN 978-963-89328-1-5
167. NISHIMIZU, M., PAGE, J. (1982): Total factor productivity growth, technological progress and technical efficiency change: Dimensions of productivity change in Yugoslavia 1967-1978, *Economic Journal*, 92. p. 920-936.
168. NREAP-DE (2010): Federal Republic of Germany, National Renewable Energy Action Plan in accordance with Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources, Online: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/national-action-plans>, Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: renewable action plan, Letöltés: 2017.10.30., 183p.

169. NREAP-ES (2010): Spain's National Renewable Energy Action Plan 2011-2020, Online: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/national-action-plans>, Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: renewable action plan, Letöltés: 2017.10.30., 163 p.
170. NREAP-FR (2009): National action plan for the promotion of renewable energies 2009-2020, In accordance with Article 4 of European Union Directive 2009/28/EC, Online: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/national-action-plans>, Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: renewable action plan, Letöltés: 2017.10.30., 120 p.
171. NREAP-HU (2010): Hungary's Renewable Energy Utilisation Action Plan on trends in the use of renewable energy sources until 2020 (data provision under Article 4 (3) of Directive 2009/28/EC), Online: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/national-action-plans>, Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: renewable action plan, Letöltés: 2017.10.30., 222 p.
172. NREAP-IT (2010): Italian National Renewable Energy Action Plan (in line with the provisions of Directive 2009/28/EC and Commission Decision of 30 June 2009), Italian Ministry for Economic Development, Online: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/national-action-plans>, Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: renewable action plan, Letöltés: 2017.10.30., 230 p.
173. NREAP-NL (2010): National renewable energy action plan, Directive 2009/28/EC, Online: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/national-action-plans>, Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: renewable action plan, Letöltés: 2017.10.30., 155 p.
174. NREAP-SE (2009): The Swedish National Action Plan for the promotion of the use of renewable energy in accordance with Directive 2009/28/EC and the Commission Decision of 30.06.2009, Online: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/national-action-plans>, Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: renewable action plan, Letöltés: 2017.10.30., 120 p.
175. PAUL C., NEHRING R., BANKER D., SOMWARU A. (2004): Scale economies and efficiency in US agriculture: are traditional farms history?, *Journal of Productivity Analysis*, Volume 22., Issue 3., p. 185–205.
176. PETHŐ GY. (2004): A közgazdasági elmélet fejlődése, *A gazdasági rend*, Gödöllő: Szent István Egyetem, 113 p.
177. PHILLIPS J., MARBLE R. (1986): Farmer education and efficiency: a frontier production function approach, *Economics of Education Review*, 5. (3.) p. 257–264.
178. POPP J. (2007): A bioüzemanyag-gyártás nemzetközi összefüggései, *Agrárgazdasági Tanulmányok*, 2007. (6.), 123 p.
179. POPP J. (2010): A bioüzemanyag-gyártás során keletkező melléktermékek előállításának, takarmányozási célú felhasználásának és kereskedelmének nemzetközi és hazai kilátásai, Budapest: Agrárgazdasági Kutató Intézet, 103 p.
180. POPP J., BAI A. (2018): Megújuló energiaforrások, különös tekintettel a bioüzemanyag-gyártásra: nemzetközi kitekintés, *Magyar Tudomány*, 179. (8.), p. 1197-1207.
181. POPP J., HARANGI-RÁKOS M., KAPRONCZI I., OLÁH J. (2018): Magyarország megújuló energiatermelésének kilátásai, *Gazdálkodás*, 62. (2.), p. 103-122.
182. POPP J., POTORI N. (2008): Az élelmezés-, energia- és környezetbiztonság összefüggései, *Gazdálkodás*, 52. (6.) p. 528-544.
183. POPP J., POTORI N. (szerk.) (2011): A biomassza energetikai célú termelése Magyarországon, Agrárgazdasági Kutató Intézet, 160 p.

184. POPP J., SOMOGYI A. (2007): Bioetanol és biodízel: áldás vagy átok? (I) *Bioenergia*, II. (1) 5-13 p.
185. POPP J., SOMOGYI A., BÍRÓ T. (2010): Újabb feszültség a láthatáron az élelmiszer- és bioüzemanyag-ipar között?, *Gazdálkodás*, 54. (6.), p. 592-603.
186. PROGRESS PERORT HUNGARY (2016): Report on the use of renewable energy sources in Hungary in 2013 and 2014 (Reporting by the Member States pursuant to Articles 18 and 22 of Directive 2009/28/EC), Hungary Ministry of National Development, Budapest, p. 42
187. PROGRESS REPORT FRANCE (2015): Progress report on the promotion and use of energy from renewable sources, Third report, The French Authorities, Pursuant to Article 22 of Directive 2009/28/EC, Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy, p. 57
188. PROGRESS REPORT GERMANY (2015): Progress report under Article 22 of Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources, Federal Republic of Germany, 122 p.
189. PROGRESS REPORT ITALY (2015): Italy's Third Progress Report under Directive 2009/28/EC, [k.n.], p. 112
190. PROGRESS REPORT NETHERLAND (2015): Energy from renewable sources in the Netherlands 2013–2014 Directive 2009/28/EC commissioned by the Dutch Ministry of Economic Affairs, Dutch Ministry of Economic Affairs, 54 p.
191. PROGRESS REPORT SPAIN (2016): Report on progress in the promotion and use of energy from renewable sources as established in article 22 of the directive 2009/28/EC, Spain, 49 p.
192. PROGRESS REPORT SWEDEN (2015): Sweden's third progress report on the development of renewable energy pursuant to Article 22 of Directive 2009/28/EC, Government offices of Sweden, 77 p.
193. PUCSEK J. (2011): Pénzügyi és számviteli kontrolling, Budapesti Gazdasági Főiskola, Budapest, Online: http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/0007_e7_penzugyi_es_szamviteli_kontrolling_scorm/borito_KoOFVIuT0LWwki2X.html, Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: tankönyvtár pénzügyi és számviteli kontrolling, Letöltés: 2016.10.16.
194. PUPOS T., POÓR J., FITOS G., SPILÁKNÉ K. M. (2015): A stratégia, hatékonyság, termelékenység, versenyképesség – és a foglalkoztatottság főbb összefüggései a mezőgazdaságban, *Gazdálkodás*, 59. (2.) p. 153-174
195. RADICS L. (szerk.) (1994): Szántóföldi növénytermesztés, Budapest: Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem, Kertészeti Kar, Online: <http://mek.oszk.hu/01200/01216/01216.htm#6>, Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: mek radics szántóföldi növénytermesztés, Letöltés: 2018.04.29
196. RAMANATHAN, R. (2003): An Introduction to Data Envelopment Analysis, A Tool for Performance Measurement, Sage Publications, London, ISBN: 0-7619-9760-1
197. RATHORE, D., NIZAMI, A. S., SINGH, A., PANT, D. (2016): Key Issues in Estimating Energy and Greenhouse Gas Savings of Biofuels: Challenges and Perspectives, *Biofuel Research Journal*, 10., p. 380-393.
198. RFA (2008a): The Gallagher Review of the indirect effects of biofuels production, East Sussex: Renewable Fuel Agency, 92 p.

199. RFA (2008b): Critique of Searchinger (2008) & related papers assessing indirect effects of biofuels on land-use change, The Gallagher Biofuels Review for Renewable Fuels Agency Department for Transport, 9 p.
200. SAJTOS L., MITEV A. (2007): SPSS kutatási és adatelemzési kézikönyv, Budapest: Alinea Kiadó, ISBN: 978-963-9659-08-7
201. SCOPE (2009): Biofuels: Environmental Consequences and Interactions with Changing Land Use. SCOPE, Gummertsbach, 2009. 308
202. SCRC - Steering Committee for the Review of Commonwealth/State Service Provision (1997): Data Envelopment Analysis: A technique for measuring the efficiency of government service delivery, AGPS, Canberra
203. SEARCHINGER, T., HEIMLICH, R., HOUGHTON, R. A., DONG, F., ELOBEID, A., FABIOSA, J., TOKGOZ, S., HAYES, D., YU T-H. (2008): Use of U.S. croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change, *Science Express*, 319., p. 1238-1240.
204. SEYOUM E. T., BATTESE G. E., FLEMING E. M. (1998): Technical efficiency and productivity of maize producers in Eastern Ethiopia: a study of farmers within and outside the Sasakawa-global 2000 project, *Agricultural Economics*, 19. (3.) p. 341–348.
205. SHAH M., ALI F., KHAN H. (1994): Technical efficiency of major crop in the North-West frontier Province of Pakistan, *Sarhad Journal of Agriculture*, 10. (6.) p. 613–621.
206. SIKLÓSI Á., VERESS A. (2011): Pénzügyi számvitel II., A beszámoló készítés, Budapest: Perfekt Zrt, 408 p.
207. SINGH, V., RAUSCH, K. D., YANG, P., SHAPOURIS, H., BELYEA, R. L., TUMBLESÓN, M. E. (2001): Modified Dry Grind Ethanol Process, Publication of the Agricultural Engineering Department University of Illinois at Urbana – Champaign UILU No. 2001-7021, 43 p.
208. SOCCOL, R. C., VANDENBERGE, L.P.S., COSTA, B., WOICIECHOWSKI, A.L., CARVALHO, DE J.C., MEDEIROS, A.B.P., FRANCISCI, A.M, BONOMI, L.J. (2005): Brazilian biofuel program: An overview, *Journal of Scientific & Industrial Research*, 64, November 2005, p. 897-904.
209. SOLOW, R. M. (1957): Technical Change and the Aggregate Production Function, *Review of Economics and Statistics*, 39., p. 312-320.
210. SOMAI M. (2004): A magyar mezőgazdaság átalakulása I., Biológiai alapok, struktúraváltás, termelői jövedelmek, Magyar Tudományos Akadémia, Világgazdasági Kutatóintézet, *Műhelytanulmányok*, 64., 22 p.
211. STUMMER I. (szerk.) (2014): Gabona és Ipari Növények, *Agrárpiaci Jelentések*, Budapest: Agrárgazdasági Kutató Intézet, 17. (19.)
212. SZÉKELYI M., BARNA I. (2008): Túlélőkészlet az SPSS-hez, Többváltozós elemzési technikákról társadalomkutatók számára, Budapest: Typotex Kiadó, ISBN: 978-963-279-012-1
213. SZŰCS I. (szerk.) (2002): Alkalmazott statisztika, Budapest: Agroinform Kiadó, ISBN: 963-502-761-3
214. TAKÁCS I. (2014): A megújuló és a nem megújuló energiahordozókra alapozott erőművi technológiák energia megtérülési rátája és externáliái (CO₂), „A tudomány és a gyakorlat találkozása” Kautz Gyula Emlékkonferencia, 2014. június 17., ISBN: 978-615-5391-33-0
215. TAKÁCS I., NAGY-KOVÁCS E., MARSELEK S. (2012): A biomassza energiacélú felhasználásánk energetikai és gazdasági kritériumai, In: Pannon, Egyetem Georgikon Kar

- (szerk.) LIV. Georgikon Napok. A mezőgazdaságtól a vidékgazda(g)ságig, 54rd Georgikon Scientific Conference Keszthely, p. 465-475.
216. TAKÁCS-GYÖRGY K. – TAKÁCS I. (2012): Changes in cereal land use and production level in the European Union during the period 1999-2009, focusing on New Member States, *Studies in Agricultural Economics*, 114. (1.), p. 24-30.
217. TÉGLA ZS. (2017): A szilárd biomassza alapú hőenergia ellátás alkalmazási területei a mezőgazdaságban, *Értékálló Aranykorona*, 17. (2.) p. 35-36.
218. TÉGLA ZS., TAKÁCSNÉ GY. K., HÁGEN I. ZS. (2012): A fás szárú biomassza ellátási logisztikai modellje, In: Pannon, Egyetem Georgikon Kar (szerk.) LIV. Georgikon Napok, Keszthely, Magyarország: Pannon Egyetem Georgikon Kar, p. 476-484.
219. TEMESI J., VARRÓ Z. (2007): Operációkutatás, Budapest: Aula Könyvkiadó, ISBN: 978-963-9698-31-4
220. TIBENSZKYNÉ, F. K. (2008): A hatékonyságmérés lehetőségei és feltételei a katonai felsőoktatásban, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Bolyai János Katonai Műszaki Kar, Budapest, PhD Disszertáció, 153 p.
221. TÓTH T., MÁTÉ P. (2013): Vidékfejlesztés a döntéshozatali eljárások tükrében, In: Tiner T., Tóth T. (szerk.) A falutipológiától a marketingföldrajzig, tanulmányok Sikos T. Tamás tiszteletére. 247 p. Gödöllő: Szent István Egyetem Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar Regionális Gazdaságtani és Vidékfejlesztési Intézet, p. 217-236.
222. USDA (2017): EU Biofuels Annual 2017, Global Agricultural Information Network report, USDA Foreign Agricultural Service, 44 p.
223. VAN GERPEN, J. (2005): Biodiesel processing and production, *Fuel Processing Technology* 86 (2005) p. 1097–1107
224. VARGA, K., HOMONNAI, G. [2009.]: Munkahelyteremtés zöld energiával, A megújuló energia-források munkahelyteremtő hatásának nemzetközi tapasztalatai, Energia Klub, 17 p.
225. VIDA A., DUNAY A. (2014): Az energetikai szempontból önellátó mezőgazdasági vállalkozás ökonómiai szempontú vizsgálata – különös tekintettel a biogáz-előállítás lehetőségére. *Animal Welfare Ethology and Housing Systems*, 10. (1.) p. 32-38.
226. WILSON P., HADLEY D., ASBY C. (2001): The influence of management characteristics on the technical efficiency of wheat farmers in Eastern England, *Agricultural Economics*, 24. (3.) p. 329–338.
227. WILSON P., HADLEY D., RAMSDEN S., KALTSAS I. (1998): Measuring and explaining technical efficiency in UK potato production, *Journal of Agricultural Economics*, 49. (3.) p. 294–305.
228. XIAODONG, D. – LIHONG, L. (2012): Ethanol Strengthens the Link Between Agriculture and Energy Markets. In: Inside the Black Box: The Price Linkage and Transmission Between Energy and Agricultural Markets. *Energy Journal*, 33. (2.), p. 171-194.
229. YANG, X. (2015): An analysis of China's biofuels policy and Chinese discourse on land acquisition for biofuels in Africa, Master's Thesis, Michigan Technological University, 74 p.
230. ZBRANEK, P., FANDEL, P. (2015): Development of productivity and its components in Slovak agriculture before and after EU accession: analysis of the impact of CAP introduction on the performance indicators of Slovak crop and livestock farms, Paper prepared for presentation at the 4th AIEAA Conference "Innovation, productivity and growth: towards sustainable agri-food production", Antona, Italy, 17 p.

M2: ÁBRÁK JEGYZÉKE

1. ábra: A száraz őrléses bioetanol előállítás folyamata.....	6
2. ábra: A nedves őrléses bioetanol előállítás folyamata	7
3. ábra: A növényi olaj alapú biodízel előállítás folyamata	8
4. ábra: A világ bioüzemanyag termelésének alakulása 1990-2016 (ktoe).....	17
5. ábra: A betakarított terület alakulása a világ egyes régióiban 2004-2016 között (1000 ha).....	19
6. ábra: A hozamok alakulása a világ egyes régióiban 2004-2016 között (kg/ha).....	20
7. ábra: Az EU gabona felhasználásának megoszlása (%).....	20
8. ábra: Az EU bioetanol termelésének alakulása 2005-2026 között alapanyagok szerint (mtoe)	21
9. ábra: Az EU biodízel termelésének alakulása 2005-2026 között alapanyagok szerint (mtoe) .	22
10. ábra: Deflált élelmiszer- gabona- és nyersolaj árindex (2002-2004 = 100%), valamint a világ bioüzemanyag termelésének alakulása (2004=100%)	24
11. ábra: A bioüzemanyagok és a fosszilis üzemanyagok forrástól a keréig emissziója.....	28
12. ábra: Farrell hatékonysági mutató	32
13. ábra: Az állandó és a változó skáláhozadék értelmezése	34
14. ábra: A Malmquist index értelmezése	36
15. ábra: Az input és output orientált Malmquist index értelmezése	52
16. ábra: A bioüzemanyag előállítás jogszabályi vállalása és a felhasznált üzemanyag mennyisége a vizsgált országokban	57
17. ábra: Németország folyékony bioüzemanyag termelésének trendje (ktoe)	58
18. ábra: Spanyolország folyékony bioüzemanyag termelésének trendje (ktoe).....	59
19. ábra: Franciaország folyékony bioüzemanyag termelésének trendje (ktoe)	60
20. ábra: Magyarország folyékony bioüzemanyag termelésének trendje (ktoe).....	61
21. ábra: Olaszország folyékony bioüzemanyag termelésének trendje (ktoe).....	62
22. ábra: Hollandia folyékony bioüzemanyag termelésének trendje (ktoe).....	63
23. ábra: Svédország folyékony bioüzemanyag termelésének trendje (ktoe)	64
24. ábra: Eszközarányos jövedelmezőség mutató (ROA), (%).....	65
25. ábra: Saját tőke arányos jövedelmezőség mutató (ROE), (%).....	66
26. ábra: Árbevétel arányos jövedelmezőség mutató (ROS), (%)	66
27. ábra: Egy hektárra jutó munkaórák száma (óra/ha)	67
28. ábra: Tőkehatékonysági mutató (dimenzió nélkül).....	68
29. ábra: Egy hektárra jutó eredmény mutató (EUR/ha).....	68
30. ábra: Egy hektárra jutó támogatás mutató (EUR/ha)	69
31. ábra: Egy főre jutó termelési érték mutató (EUR/fő).....	70
32. ábra: Munkaigényesség mutató (óra/EUR).....	70
33. ábra: Egy főre jutó bérköltség mutató (EUR/fő).....	71

34. ábra: Egy hektárra jutó műtrágya és növényvédő szer költsége mutató (EUR/ha)	72
35. ábra: Termelőgép ellátottság mutató (EUR/fő).....	72
36. ábra: Az energianövény termelés területének aránya méretkategóriákra (%)	76
37. ábra: Az energianövény termelés árbevételének aránya méretkategóriákra (%).....	77
38. ábra: Az energianövény termelésből származó egy hektárra jutó árbevétel méretkategóriákra (EUR/ha)	78
39. ábra: A vizsgált országok méretkategóriáinak klaszterei.....	80
40. ábra: A szántóföldi növénytermelés teljes tényezős termelékenységének éves növekedési üteme Magyarországon 2004-2015 között (%).....	88
41. ábra: A szántóföldi növénytermelés relatív hatékonyságának alakulása 2004-2015 között.....	92
42. ábra: A szántóföldi növénytermelés relatív hatékonyságának alakulása méretkategóriákra.....	92
43. ábra: A mintában szereplő szántóföldi növénytermelő üzemek éves közvetlen állami támogatásának alakulása (M Ft)	94
44. ábra: A búza, a kukorica, a napraforgó és a repce technikai hatékonyságának alakulása Magyarországon	95
45. ábra: A búza, a kukorica, a napraforgó és a repce mérethatékonyságának alakulása Magyarországon	95
46. ábra: A búza technikai hatékonyságának alakulása méretkategóriánként	96
47. ábra: A búza mérethatékonyságának alakulása méretkategóriánként.....	97
48. ábra: A kukorica technikai hatékonyságának alakulása méretkategóriánként.....	98
49. ábra: A kukorica mérethatékonyságának alakulása méretkategóriánként	99
50. ábra: A napraforgó technikai hatékonyságának alakulása méretkategóriánként	100
51. ábra: A napraforgó mérethatékonyságának alakulása méretkategóriánként.....	101
52. ábra: A repce technikai hatékonyságának alakulása méretkategóriánként	102
53. ábra: A repce mérethatékonyságának alakulása méretkategóriánként.....	103

M3: TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. táblázat: A hipotézisek igazolására felhasznált módszerek.....	3
2. táblázat: A bioüzemanyagok típusainak áttekintése, alapanyagaik és termelési eljárásaik	4
3. táblázat: A közlekedési ágazatban felhasznált megújuló energia tervezett részaránya (%).....	15
4. táblázat: A világ bioetanol termelésének alakulása régióként (1000 hordó/nap).....	17
5. táblázat: A világ biodízel termelésének alakulása régióként (1000 hordó/nap).....	18
6. táblázat: A mezőgazdaságban foglalkoztatottak számának alakulása Magyarországon.....	24
7. táblázat: Bioüzemanyagok energiaegyenlege	26
8. táblázat: Bioüzemanyagok ÜHG megtakarítása (%)	28
9. táblázat: A magyarországi növénytermelés hatékonyságára végzett kutatások eredményeinek összefoglalása.....	42
10. táblázat: Átlagos technikai hatékonyságok a növénytermelési ágazatra vonatkozóan	43
11. táblázat: A vizsgált országok üzemeinek méretkategóriák szerinti besorolása.....	45
12. táblázat: Az FADN adatbázisból felhasznált változók leírása	45
13. táblázat: A vizsgált gazdaságok méretkategóriák szerinti besorolása.....	47
14. táblázat: A legtöbb bioüzemanyagot előállító országok rangsora Európában	55
15. táblázat: A közlekedési ágazatban felhasznált megújuló energia mennyisége és a 2020. évi célkitűzések a vizsgált országokban (%).....	56
16. táblázat: A bioüzemanyag termelés és felhasználás egyenlege (ktoe).....	56
17. táblázat: A vizsgált hatékonysági mutatók átlagának standardizált értékei alapján képzett sorrend	73
18. táblázat: A bioüzemanyag termelés és a szántóföldi növénytermelés hatékonysága közötti rangkorrelációs kapcsolat	74
19. táblázat: Bioüzemanyag termelés céljára termesztett szántóföldi növények mennyisége	75
20. táblázat: A KMO és a Bartlett teszt eredménye	78
21. táblázat: A főkomponens-elemzés teljes magyarázott varianciája.....	79
22. táblázat: Rotált főkomponensek mátrixa.....	79
23. táblázat: A klaszterelemzés eredménye.....	81
24. táblázat: A vizsgált országok méretkategóriáinak klaszterekbe való besorolása.....	81
25. táblázat: A klaszterek klasztercentroidjai és szórásai	82
26. táblázat: A szántóterület és a betakarított területek változásának aránya 2004 és 2016 között (%)	84
27. táblázat: A vizsgált növények hozamának változása 2004 és 2016 között (kg/ha)	86
28. táblázat: A gabonafélék főbb felhasználási módjának alakulása Magyarországon (%).....	89
29. táblázat: Az energetikai célra felhasznált kukorica és repce arányának alakulása Magyarországon 2009 és 2016 között	90
30. táblázat: A mintában szereplő üzemek száma (db)	91
31. táblázat: A szántóföldi növénytermelés mérethatékonyságának alakulása üzemenként (db).....	93

32. táblázat: A búzatermelő üzemek mérethatékonyságának alakulása üzemenként (db)	97
33. táblázat: A kukoricatermelő üzemek mérethatékonyságának alakulása üzemenként (db).....	99
34. táblázat: A napraforgót termelő üzemek mérethatékonyságának alakulása üzemenként (db) ...	101
35. táblázat: A repcetermelő üzemek mérethatékonyságának alakulása üzemenként (db)	103
36. táblázat: A búza, a kukorica, a napraforgó és a repce termelésének átlagos optimalizálási lehetősége (%).....	104
37. táblázat: A kutatási hipotézisek ellenőrzése.....	105

M4: RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

AKI	Agárgazdasági Kutató Intézet
BIONYOM	Bioüzemanyagok és folyékony bio-energiahordozók nyomonkövethetőségi nyilvántartása
BÜHG	Bioüzemanyag üvegházhatású gázkibocsátás nyilvántartás
CRS	Állandó mérethozadék (Constant Return to Scale)
DEA	Burkolófelület elemzés (Data Envelopment Analysis)
DRS	Csökkenő mérethatékonyság (Decreasing Return to Scale)
E85	85% bioetanolt tartalmazó üzemanyag
ÉME	Éves munkaerő egység
EPR	Energiaimegtérülési mutató (Energy Payback Ratio)
ETBE	Etil-tercier-butil-éter, üzemanyag adalék
EurObserv'ER	Az Európai Unió megújuló energiák különböző szektorainak fejlesztését felügyelő szervezet
EUROSTAT	EU statisztikai adatbázis
FADN	Európai Bizottság Tesztüzemi Rendszere (Farm Accountancy Data Network)
IRS	Növekvő mérethatékonyság (Increasing Return to Scale)
ktoe	Ezer tonna olajegyenérték
Mtoe	Millió tonna olajegyenérték
NÉBIH	Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal
NIRS	Nem növekvő skálahozamú modell (Non-Increasing Return to Scale)
NREAP	Nemzeti Cselekvési Terv (National Renewable Energy Action Plan)
PU	Tiszta technikai hatékonyságváltozás (Pure Technical Efficiency Change)
RED	Megújuló energia irányelv (Renewable Energy Directive)
SC	Mérethatékonyságváltozás (Scale Efficiency Change)
SFA	Sztocasztikus határelemzés (Stochastic Frontier Analysis)
SFH	Standard Fedezeti Hozzájárulás
STÉ	Standard Termelési Érték
TC	Technológiai hatékonyságváltozás (Technological Change)
TEC	Technikai hatékonyságváltozás (Technical Efficiency Change)
TFP	Teljes tényezőhatékonyság (Total Factor Productivity)
toe	Tonna olajegyenérték
TR	Magyar mezőgazdasági tesztüzemi információs rendszer
ÜHG	Üvegházhatású gázok
VRS	Változó mérethozadék (Variable Return to Scale)

M5: MELLÉKLETEK

1. melléklet: A hatékonysági mutatók képletei

Jövedelmezőségi mutatók:

$$\text{Eszközarányos jövedelmezőség (ROA)} = \frac{\text{Nettó eredmény}}{\text{Eszközök összesen}} (\%)$$

$$\text{Saját tőke arányos jövedelmezőség (ROE)} = \frac{\text{Nettó eredmény}}{\text{Saját tőke}} (\%)$$

$$\text{Árbevétel arányos jövedelmezőség (ROS)} = \frac{\text{Nettó eredmény}}{\text{Értékesítés nettó árbevétele}} (\%)$$

Naturális hatékonysági mutató

$$\text{Egy hektárra jutó munkaórák száma} = \frac{\text{Munkaórák száma}}{\text{Összes hasznosított terület}} (\text{Óra/ha})$$

Termelékenységi mutatók

$$\text{Egy hektárra jutó eredmény} = \frac{\text{Nettó eredmény}}{\text{Összes hasznosított terület}} (\text{EUR/ha})$$

$$\text{Egy hektárra jutó támogatás} = \frac{\text{Támogatások}}{\text{Összes hasznosított terület}} (\text{EUR/ha})$$

$$\text{Egy főre jutó termelési érték} = \frac{\text{Termelési érték}}{\text{Létszám}} (\text{EUR/fő})$$

$$\text{Tőkehatékonyság} = \frac{\text{Termelési érték}}{\text{Saját tőke}} (-)$$

Igényességi mutató

$$\text{Munkaigényesség} = \frac{\text{Ledolgozott munkaórák száma}}{\text{Termelési érték}} (\text{Óra/EUR})$$

Ellátottsági mutatók

$$\text{Egy főre jutó bérkötség} = \frac{\text{Bérkötség}}{\text{Létszám}} (\text{EUR/fő})$$

$$\begin{aligned} \text{Egy hektárra jutó műtrágya és növényvédőszer költsége} \\ = \frac{\text{Műtrágya és növényvédőszer költsége}}{\text{Összes hasznosított terület}} (\text{EUR/ha}) \end{aligned}$$

$$\text{Termelőgép ellátottság} = \frac{\text{Gépek értéke}}{\text{Létszám}} (\text{EUR/fő})$$

2. melléklet: Mezőgazdasági termelői árak és ráfordítások árindexei

2004 = 100%

Év	Növénytermesztési és kertészeti termékek	Vetőmagok	Műtrágya	Növényvédő szerek	Gépek fenntartása és javítása
2004	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2005	99,4	102,1	103,6	102,2	104,4
2006	117,3	108,4	118,7	102,7	107,0
2007	164,8	115,7	132,0	105,6	111,8
2008	141,1	130,0	212,4	111,0	115,0
2009	123,1	125,6	188,6	116,3	120,7
2010	157,1	128,3	168,1	118,3	125,0
2011	191,1	144,8	207,7	117,6	127,9
2012	225,1	153,3	230,4	127,3	132,8
2013	194,3	158,4	220,9	131,1	135,3
2014	176,4	161,6	212,3	133,2	136,7
2015	187,7	163,4	217,8	136,4	138,6

Forrás: KSH, 2017a

3. melléklet: A bioüzemanyag termelés alakulása ktoe-ben

Ország	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
DE	950,4	1578,5	3025,9	3673,3	3079,3	2991,9	3502,3	3202,4	2976,4	3156,1	3596,8	3319,3	3 374,1
ES	174,8	258,4	170,9	380,0	372,0	886,8	1022,8	844,2	638,0	877,4	1318,2	1235,3	1 369,7
FR	397,0	641,3	672,4	1120,9	2066,8	2312,9	2250,0	2046,0	2364,1	2419,0	2540,9	2519,0	2 406,2
HU	0,0	2,4	10,7	17,3	162,2	153,7	142,1	142,2	281,6	305,4	306,3	377,2	1 001,8
IT	252,7	176,7	197,1	178,5	632,5	810,4	843,2	628,4	370,8	549,3	613,6	682,1	410,5
NL	17,8	67,6	129,6	120,4	121,5	289,8	363,2	437,3	1040,1	1482,1	1520,0	1439,6	1 292,0
SE	187,8	218,1	319,4	430,3	455,6	557,2	621,8	533,1	649,2	456,4	310,9	276,0	280,8

Forrás: EUROSTAT, 2016

4. melléklet: A vizsgált mutatók átlagai, szórása, minimum és maximum értékei

Mutatók ⁶		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		%	%	%	-	EUR/fő	EUR/fő	óra/EUR	EUR/ha	EUR/ha	óra/ha	EUR/ha	EUR/fő
Átlag	DE	4,56%	5,49%	20,57%	0,32	121 451,00	9 955,99	0,0186	357,74	317,83	36,06	338,75	23,04
	ES	6,85%	7,00%	52,47%	0,18	45 501,10	2 424,75	0,0459	218,37	118,86	39,67	347,60	6,54
	FR	11,31%	18,98%	23,84%	0,98	118 165,88	5 139,27	0,0140	341,20	348,07	24,23	342,84	33,64
	HU	10,08%	12,49%	28,52%	0,57	52 284,75	4 212,14	0,0439	237,82	166,23	45,11	246,12	11,15
	IT	4,67%	4,70%	44,26%	0,13	42 486,61	3 307,51	0,0529	427,36	242,50	126,24	879,80	10,16
	NL	2,45%	3,31%	19,25%	0,19	166 545,21	9 114,44	0,0137	399,50	532,89	68,89	965,79	40,54
	SE	1,64%	2,19%	9,60%	0,26	150 207,69	9 397,50	0,0142	260,86	220,00	19,78	114,35	52,08
Szórás	DE	1,35%	1,63%	3,97%	0,03	19 374,70	1 380,06	0,0032	18,60	57,26	1,45	107,77	4,48
	ES	1,63%	1,66%	10,04%	0,02	7 266,97	608,89	0,0091	23,35	29,76	3,57	79,65	1,47
	FR	4,86%	7,78%	8,95%	0,03	20 160,69	391,35	0,0024	26,09	59,62	2,15	158,06	3,64
	HU	3,04%	3,58%	7,85%	0,08	10 764,05	561,87	0,0099	43,07	31,66	2,07	104,53	1,50
	IT	0,75%	0,76%	3,79%	0,01	6 873,29	667,51	0,0078	18,08	39,33	12,60	142,77	1,82
	NL	1,10%	1,51%	7,79%	0,04	43 405,85	1 132,25	0,0043	75,40	95,47	10,75	486,62	13,03
	SE	1,76%	2,33%	9,49%	0,04	32 418,60	5 475,30	0,0025	9,91	38,03	1,23	126,16	19,07
Minimum	DE	2,79%	3,38%	14,58%	0,27	91 094,14	8 270,72	0,0147	311,82	218,92	33,73	195,72	16,80
	ES	4,25%	4,34%	36,07%	0,14	30 270,45	1 646,09	0,0367	182,19	79,62	36,14	216,14	4,33
	FR	3,87%	6,76%	9,31%	0,92	89 446,89	4 399,10	0,0107	287,55	267,90	22,46	112,68	27,38
	HU	5,41%	6,86%	16,81%	0,49	36 722,46	3 418,25	0,0347	161,11	123,22	42,03	102,62	8,02
	IT	3,67%	3,68%	37,26%	0,12	34 525,21	2 773,95	0,0399	392,19	186,31	109,24	715,65	6,54
	NL	0,72%	1,09%	4,75%	0,13	91 822,43	7 427,27	0,0092	267,71	390,56	57,99	176,99	21,69
	SE	-1,16%	-1,58%	-7,61%	0,21	112 375,00	3 778,00	0,0103	243,21	164,14	17,98	-106,52	31,97
Maximum	DE	7,54%	9,11%	28,20%	0,38	150 735,44	12 181,13	0,0242	375,68	381,79	39,60	578,60	29,47
	ES	9,56%	9,80%	68,31%	0,21	55 554,24	3 397,04	0,0686	247,83	164,43	48,07	497,41	9,30
	FR	19,05%	31,32%	37,63%	1,05	151 908,43	5 759,28	0,0180	368,34	423,73	30,57	610,67	39,69
	HU	15,06%	17,96%	39,58%	0,71	63 601,57	4 909,45	0,0600	297,44	202,59	49,56	392,23	13,80
	IT	5,97%	6,04%	50,24%	0,15	56 525,20	4 862,60	0,0646	456,32	289,60	146,44	1 149,87	12,61
	NL	3,95%	5,64%	30,54%	0,25	229 334,13	11 087,50	0,0237	500,24	665,26	94,44	1 811,00	57,46
	SE	5,27%	7,00%	26,20%	0,33	195 509,26	20 635,19	0,0174	277,95	269,37	21,88	338,39	82,46

⁶ 1: ROA, 2: ROE, 3: ROS, 4: Tőkehatékonyság, 5: Élőmunka hatékonyság, 6: 1 főre jutó bérköltség, 7: Munkaigényesség, 8: 1 ha-ra jutó támogatás mértéke, 9: 1 ha-ra jutó műtrágya és növényvédő szer költsége, 10: 1 ha-ra jutó munkaórák száma, 11: 1 ha-ra jutó eredmény, 12: Termelőgép ellátottság

5. melléklet: A rangkorreláció számítás alapadatai

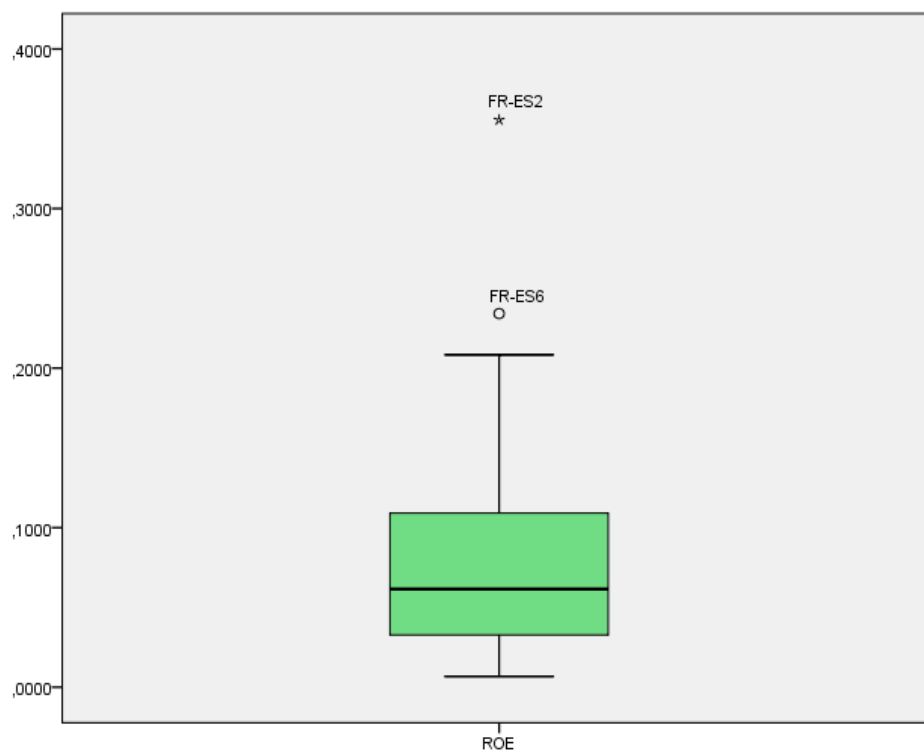
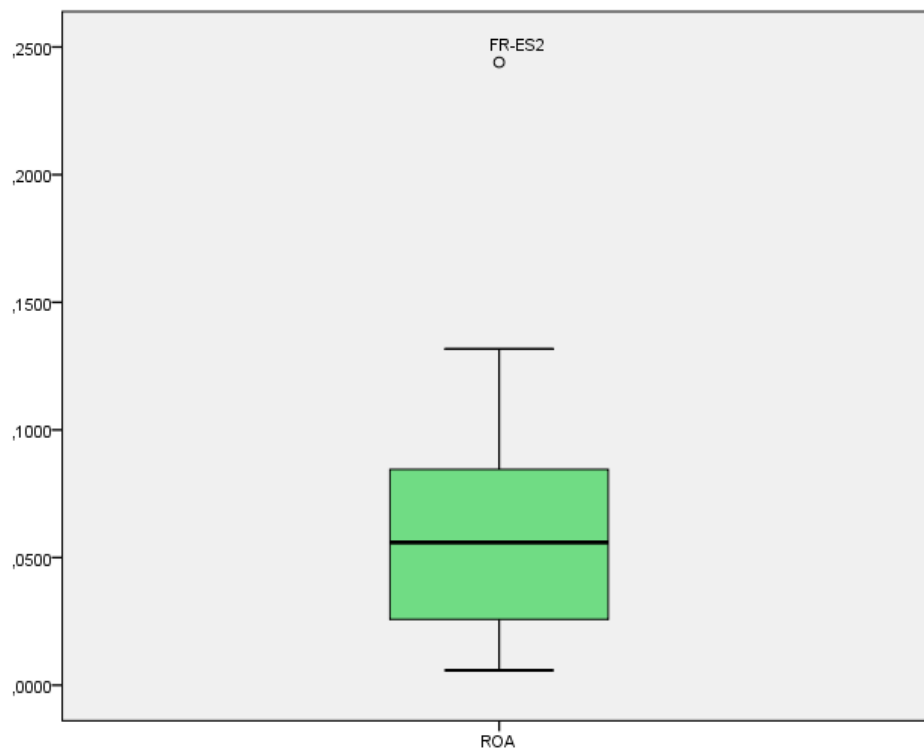
A hatékonysági mutatók eredményének sorrendje az egyes években

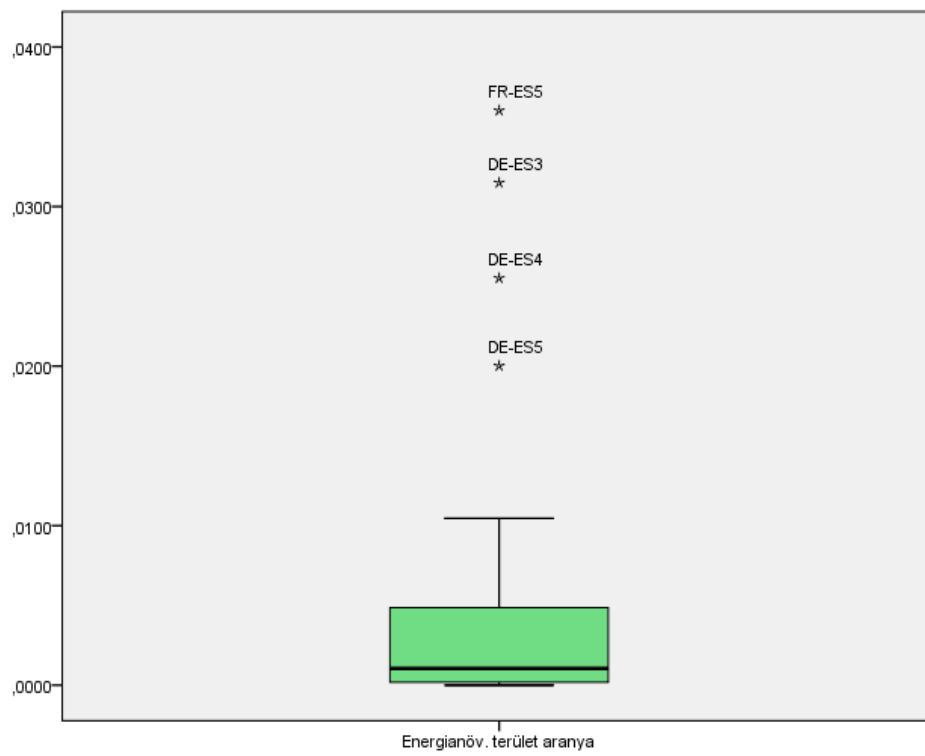
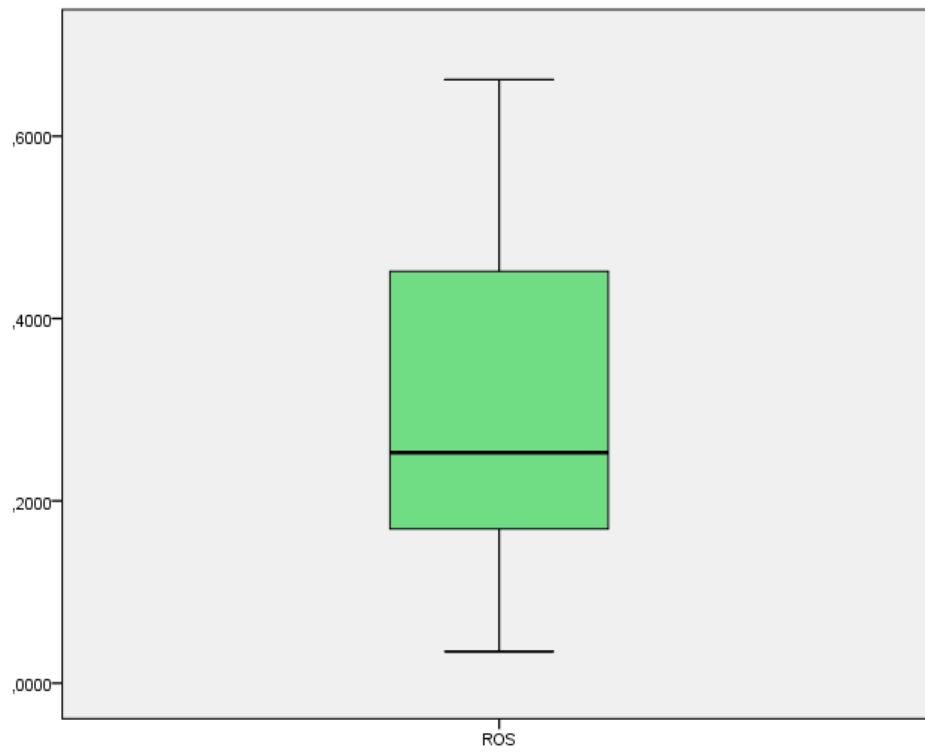
Országok	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
DE	42	45	31	11	27	37	21	18	8	15	28	39
ES	67	83	71	59	66	82	80	69	65	74	84	77
FR	9	19	6	1	3	20	5	4	2	10	29	17
HU	70	81	74	48	38	79	63	33	36	43	41	44
IT	57	58	76	56	73	61	64	72	67	78	49	53
NL	62	40	22	13	29	22	14	26	7	12	34	24
SE	52	59	55	16	24	50	51	35	32	46	54	47

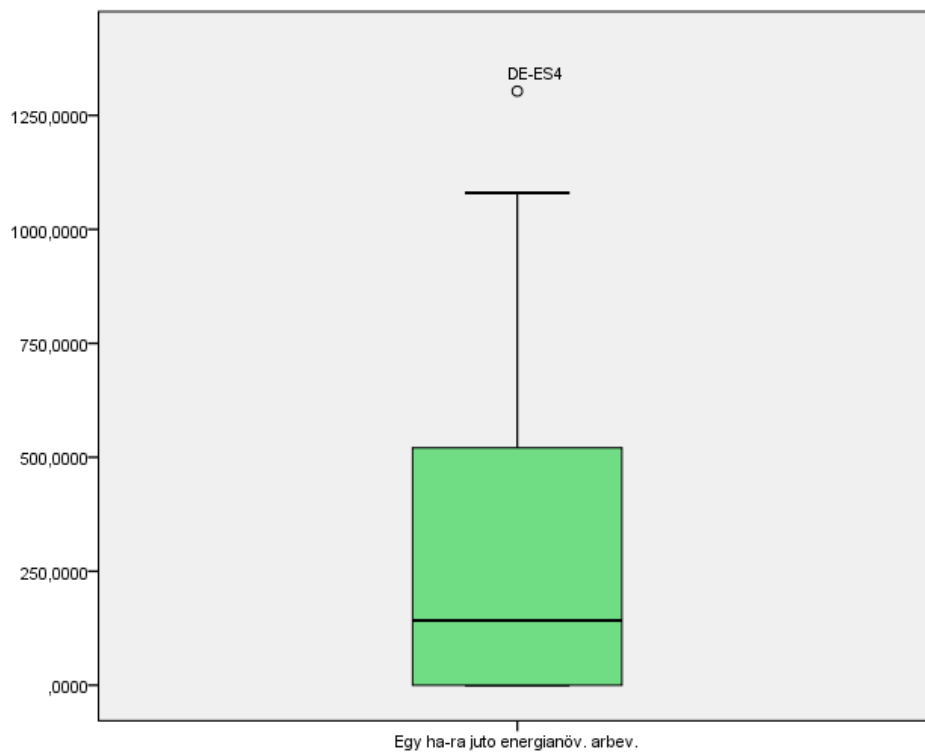
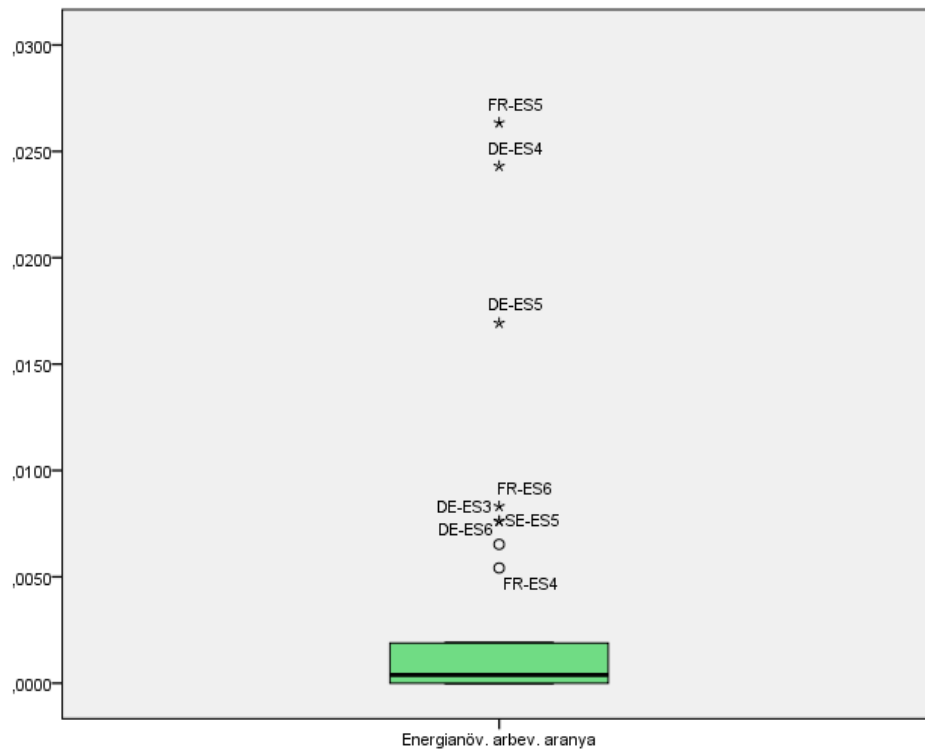
A bioüzemanyag termelés sorrendje az egyes években

Országok	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
DE	28	19	8	1	7	9	3	5	10	6	2	4
ES	70	63	71	51	53	29	27	31	38	30	23	24
FR	50	37	35	25	17	15	16	18	14	13	11	12
HU	84	83	82	81	72	73	75	74	61	59	58	52
IT	64	69	66	68	39	33	32	40	54	44	42	34
NL	80	79	76	78	77	60	55	48	26	21	20	22
SE	67	65	56	49	47	43	41	45	36	46	57	62

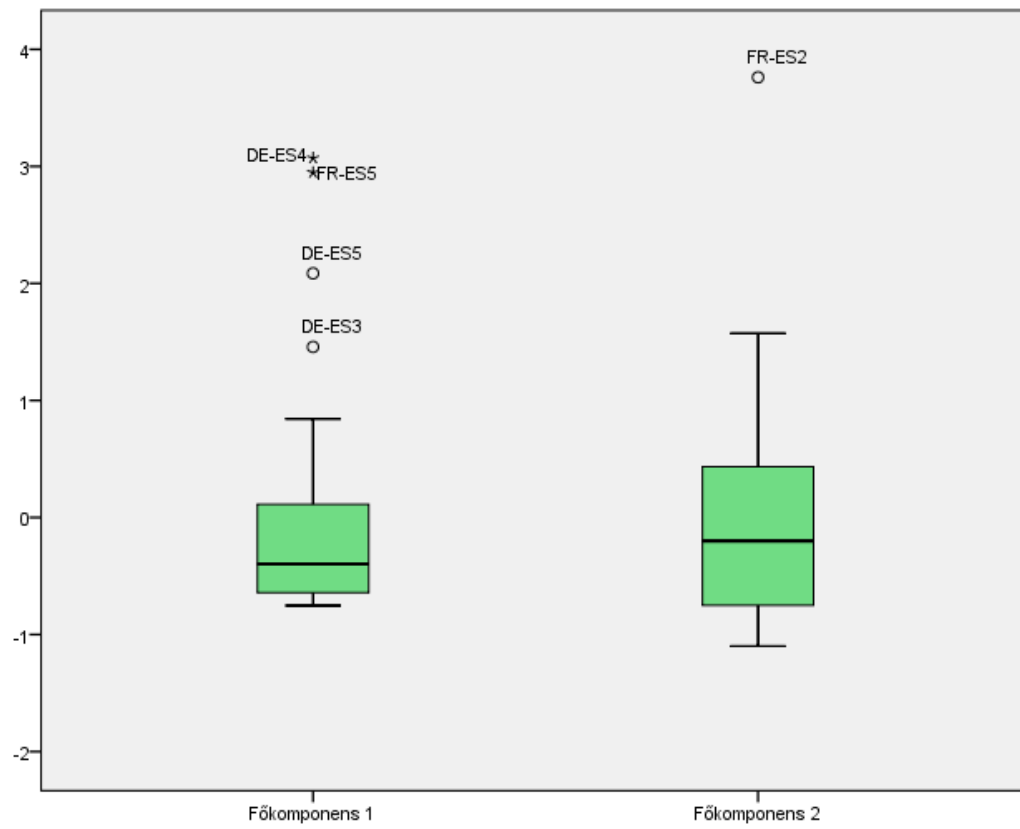
6. melléklet: A főkomponens-elemzéshez felhasznált mutatók kiugró értékei







7. melléklet: A klaszterelemzéshez felhasznált főkomponensek kiugró értékei



8. melléklet: A teljes tényezős termelékenység és összetevőinek alakulása méretkategóriánként és összesen

3-5 STÉ	TC	TEC	PU	SC	TFP
2004-2005	1,0064	1,2007	1,1170	1,0749	1,2084
2005-2006	1,1049	0,9477	0,9567	0,9905	1,0471
2006-2007	0,6458	1,1959	1,0936	1,0938	0,7724
2007-2008	1,4123	0,9357	0,9950	0,9406	1,3218
2008-2009	0,9114	0,9177	0,9369	0,9794	0,8363
2009-2010	1,0260	0,9542	0,9478	1,0067	0,9788
2010-2011	0,9263	1,2595	1,0841	1,1618	1,1666
2011-2012	0,8960	0,9661	0,9808	0,9848	0,8656
2012-2013	0,9364	1,0750	1,0806	0,9949	1,0064
2013-2014	1,1993	0,9125	0,9678	0,9429	1,0945
2014-2015	1,1968	0,8880	0,9028	0,9838	1,0629
Átlag	1,0051	1,0153	1,0033	1,0120	1,0205
Szórás	0,2019	0,1352	0,0742	0,0680	0,1659
Relatív szórás	0,2009	0,1332	0,0740	0,0672	0,1625

6-9 STÉ	TC	TEC	PU	SC	TFP
2004-2005	1,0581	0,9830	0,9788	1,0044	1,0401
2005-2006	1,1186	0,8909	0,9140	0,9747	0,9966
2006-2007	0,6738	1,1004	1,0770	1,0217	0,7414
2007-2008	1,4464	0,9732	0,9798	0,9932	1,4076
2008-2009	0,8587	0,9905	0,9912	0,9994	0,8506
2009-2010	1,0840	0,9640	0,9606	1,0035	1,0450
2010-2011	0,9202	1,1731	1,1613	1,0102	1,0795
2011-2012	0,9515	0,8810	0,8794	1,0017	0,8382
2012-2013	0,8878	1,1881	1,1931	0,9959	1,0548
2013-2014	1,2905	0,9054	0,8993	1,0068	1,1685
2014-2015	1,0314	0,9467	0,9564	0,9898	0,9763
Átlag	1,0096	0,9946	0,9946	1,0000	1,0042
Szórás	0,2116	0,1076	0,1028	0,0121	0,1789
Relatív szórás	0,2095	0,1081	0,1034	0,0121	0,1781

10-14 STÉ	TC	TEC	PU	SC	TFP
2004-2005	1,1049	0,9477	0,9567	0,9905	1,0471
2005-2006	0,8850	1,0631	1,0717	0,9920	0,9408
2006-2007	0,7994	0,9204	0,9085	1,0132	0,7357
2007-2008	1,4066	1,1210	1,1106	1,0092	1,5768
2008-2009	0,8495	0,9247	0,9235	1,0014	0,7857
2009-2010	1,0667	1,0123	1,0302	0,9827	1,0797
2010-2011	0,9374	1,1429	1,1282	1,0130	1,0715
2011-2012	1,0176	0,8988	0,9044	0,9937	0,9146
2012-2013	0,9685	1,0633	1,0530	1,0098	1,0299
2013-2014	1,2074	0,9180	0,9208	0,9969	1,1083
2014-2015	0,8480	1,1144	1,1090	1,0051	0,9452
Átlag	0,9946	1,0076	1,0070	1,0006	1,0023
Szórás	0,1810	0,0930	0,0893	0,0102	0,2199
Relatív szórás	0,1819	0,0923	0,0887	0,0102	0,2194

Összesen	TC	TEC	PU	SC	TFP
2004-2005	1,0550	1,0040	0,9920	1,0110	1,0590
2005-2006	1,1080	0,8930	0,9260	0,9640	0,9890
2006-2007	0,6780	1,0990	1,0680	1,0290	0,7450
2007-2008	1,4400	0,9770	0,9890	0,9880	1,4070
2008-2009	0,8640	0,9780	0,9800	0,9970	0,8450
2009-2010	1,0760	0,9660	0,9630	1,0030	1,0390
2010-2011	0,9220	1,1810	1,1500	1,0270	1,0890
2011-2012	0,9490	0,8910	0,8920	0,9990	0,8460
2012-2013	0,8980	1,1660	1,1700	0,9970	1,0480
2013-2014	1,2740	0,9070	0,9080	0,9990	1,1560
2014-2015	1,0360	0,9490	0,9590	0,9900	0,9840
Átlag	1,0087	0,9963	0,9960	1,0002	1,0052
Szórás	0,2058	0,1034	0,0923	0,0181	0,1773
Relatív szórás	0,2040	0,1038	0,0927	0,0180	0,1764

9. melléklet: A vizsgált növények DEA elemzésének eredményei

Búza	Technikai hatékonyság				Mérethatékonyság			
	3-5 STÉ	6-9 STÉ	10-14 STÉ	Összesen	3-5 STÉ	6-9 STÉ	10-14 STÉ	Összesen
2004	0,4042	0,4248	0,5927	0,4336	0,9659	0,9714	0,9689	0,9704
2005	0,3603	0,3208	0,6058	0,3460	0,8979	0,9583	0,8229	0,9409
2006	0,3632	0,3456	0,5584	0,3636	0,8628	0,9568	0,9540	0,9450
2007	0,4438	0,4687	0,7083	0,4848	0,9373	0,9540	0,9284	0,9498
2008	0,3016	0,3320	0,5711	0,3456	0,9373	0,9582	0,9682	0,9562
2009	0,2526	0,3300	0,5122	0,3360	0,9211	0,9523	0,9297	0,9469
2010	0,2489	0,3431	0,5302	0,3477	0,9148	0,9449	0,9379	0,9409
2011	0,4311	0,4333	0,6065	0,4475	0,9194	0,9641	0,9654	0,9587
2012	0,3687	0,3780	0,5630	0,3936	0,8999	0,9609	0,9598	0,9524
2013	0,3220	0,3143	0,5500	0,3361	0,8938	0,9563	0,9527	0,9486
2014	0,2809	0,3177	0,6089	0,3387	0,9045	0,8948	0,8915	0,8957
2015	0,2931	0,2753	0,4933	0,2962	0,8860	0,9498	0,9265	0,9405
Átlag	0,3392	0,3570	0,5750	0,3725	0,9117	0,9518	0,9338	0,9455
Szórás	0,0663	0,0575	0,0563	0,0557	0,0272	0,0192	0,0416	0,0179
V	0,1955	0,1610	0,0979	0,1496	0,0299	0,0202	0,0446	0,0189

Kukorica	Technikai hatékonyság				Mérethatékonyság			
	3-5 STÉ	6-9 STÉ	10-14 STÉ	Összesen	3-5 STÉ	6-9 STÉ	10-14 STÉ	Összesen
2004	0,4556	0,4254	0,5390	0,4376	0,9241	0,9631	0,9508	0,9562
2005	0,3764	0,3778	0,6393	0,3934	0,8946	0,9426	0,8503	0,9294
2006	0,4324	0,4749	0,7349	0,4840	0,9218	0,9509	0,9682	0,9480
2007	0,4515	0,4740	0,5739	0,4773	0,9230	0,9204	0,9314	0,9216
2008	0,3103	0,3588	0,6054	0,3686	0,9342	0,9583	0,9643	0,9552
2009	0,3615	0,3938	0,6164	0,4061	0,8829	0,9510	0,9454	0,9417
2010	0,3778	0,4751	0,6116	0,4719	0,9077	0,9456	0,9442	0,9400
2011	0,4519	0,5563	0,6805	0,5511	0,9192	0,9617	0,9723	0,9565
2012	0,4042	0,3773	0,5620	0,3969	0,9054	0,9577	0,9686	0,9517
2013	0,2609	0,3289	0,5271	0,3352	0,8942	0,9473	0,9567	0,9410
2014	0,3249	0,3977	0,6874	0,4129	0,9202	0,8963	0,9005	0,8997
2015	0,2022	0,2656	0,5002	0,2767	0,8931	0,9423	0,9018	0,9321
Átlag	0,3675	0,4088	0,6065	0,4176	0,9100	0,9448	0,9379	0,9394
Szórás	0,0806	0,0779	0,0707	0,0734	0,0160	0,0191	0,0367	0,0168
V	0,2194	0,1906	0,1165	0,1758	0,0176	0,0202	0,0391	0,0179

Napraforgó	Technikai hatékonyság				Mérethatékonyság			
	3-5 STÉ	6-9 STÉ	10-14 STÉ	Összesen	3-5 STÉ	6-9 STÉ	10-14 STÉ	Összesen
2004	0,3967	0,4403	0,6403	0,4519	0,9113	0,9624	0,9734	0,9576
2005	0,1912	0,1778	0,3544	0,1903	0,9169	0,9331	0,7040	0,9171
2006	0,2823	0,2695	0,4170	0,2800	0,9079	0,9547	0,9342	0,9489
2007	0,3808	0,4586	0,6287	0,4686	0,9605	0,9418	0,9398	0,9434
2008	0,1764	0,2528	0,4983	0,2679	0,9371	0,9528	0,9619	0,9520
2009	0,2037	0,2667	0,4472	0,2773	0,8295	0,9590	0,9530	0,9485
2010	0,2634	0,2991	0,4715	0,3136	0,8656	0,9462	0,9470	0,9404
2011	0,3664	0,4120	0,6278	0,4270	0,9306	0,9499	0,9796	0,9510
2012	0,3966	0,3894	0,5597	0,4063	0,9235	0,9595	0,9630	0,9572
2013	0,2091	0,2569	0,4415	0,2729	0,8718	0,9446	0,9584	0,9390
2014	0,1613	0,2569	0,5461	0,2783	0,9385	0,8405	0,8306	0,8483
2015	0,1498	0,2307	0,4118	0,2447	0,8909	0,9320	0,9403	0,9296
Átlag	0,2648	0,3092	0,5037	0,3232	0,9070	0,9397	0,9238	0,9361
Szórás	0,0967	0,0915	0,0958	0,0909	0,0368	0,0327	0,0791	0,0300
V	0,3652	0,2959	0,1903	0,2812	0,0406	0,0348	0,0856	0,0320

Repce	Technikai hatékonyság				Mérethatékonyság			
	3-5 STÉ	6-9 STÉ	10-14 STÉ	Összesen	3-5 STÉ	6-9 STÉ	10-14 STÉ	Összesen
2004	0,4350	0,5216	0,5830	0,5319	0,9740	0,9640	0,9855	0,9683
2005	0,2197	0,2387	0,3173	0,2504	0,9410	0,9650	0,6835	0,9191
2006	0,3272	0,3555	0,4576	0,3680	0,9418	0,9493	0,9304	0,9463
2007	0,3743	0,4003	0,4243	0,4014	0,9659	0,9327	0,9205	0,9335
2008	0,2371	0,3675	0,5790	0,3826	0,9287	0,9316	0,9729	0,9359
2009	0,2743	0,3188	0,4405	0,3321	0,9380	0,9490	0,9547	0,9493
2010	0,3175	0,2988	0,3733	0,3106	0,8876	0,9401	0,9606	0,9394
2011	0,3732	0,4166	0,5545	0,4343	0,9358	0,9531	0,9785	0,9559
2012	0,4974	0,4982	0,5946	0,5104	0,7830	0,9273	0,9818	0,9288
2013	0,2190	0,3341	0,4594	0,3474	0,9184	0,9435	0,9769	0,9473
2014	0,2560	0,3396	0,5735	0,3730	0,9560	0,8528	0,7782	0,8457
2015	0,3080	0,2247	0,3875	0,2556	0,7813	0,9371	0,9577	0,9362
Átlag	0,3199	0,3595	0,4787	0,3748	0,9126	0,9371	0,9234	0,9338
Szórás	0,0874	0,0903	0,0953	0,0873	0,0649	0,0292	0,0943	0,0306
V	0,2732	0,2511	0,1990	0,2329	0,0711	0,0311	0,1021	0,0328

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném köszönetemet kifejezni mindazoknak, akik véleményükkel, javaslataikkal, valamint építő jellegű kritikáikkal hozzájárultak doktori értekezésem megszületéséhez.

Elsőként köszönettel tartozom témavezetőmnek, Dr. Takács Istvánnak, aki áldozatos munkájával segítette kutatói pályám előmenetelét. Támogatása és iránymutatásai nélkül a dolgozatom jelen formájában nem készülhetett volna el.

Köszönettel tartozom Dr. Illés B. Csaba Tanár Úrnak a munkahelyi vita elnöki feladatainak ellátásáért, javaslataiért és építő jellegű kritikáiért.

Köszönöm Dr Fogarassy Csabának és Dr Téglá Zsoltnak, hogy elvállalták disszertációm opponensi bírálatát. Köszönöm a számomra hasznos és értékes javaslataikat és észrevételeiket, amelyek hasznosításával értekezésem elnyerhette végleges formáját.

Köszönöm az Agrárgazdasági Kutató Intézet munkatársainak, hogy rendelkezésemre bocsátották az általam kért adatokat. Köszönöm, hogy kérdés esetén mindig azonnal rendelkezésemre álltak. Külön köszönettel tartozom Dr. Fogarasi Józsefnek a módszertani segítségnyújtásáért.

Köszönöm tanárainknak és a Doktori, Habilitációs és Tudományszervezési Hivatal munkatársainak az áldozatos munkáját, amellyel mindannyian hozzájárultak a doktori iskolában folytatott tanulmányaim sikeres lezárásához.

És végül, de nem utolsó sorban a legnagyobb köszönet a Családomat illeti meg. Köszönöm Szüleim és a Párom végtelen türelmét és támogatását, valamint azt, hogy hagyták, hogy a saját utamat járjam.