TANULMÁNY

Korunk fő fejlődési tendenciái az élelmiszer-termelésben, különös tekintettel az állati termékekre

HORN PÉTER

Kulcsszavak: állatitermék-előállítási trendek, szűkülő erőforrások, hatékonyság, környezetterhelés.

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A szerző több prognózist közöl, amelyek az állati termékek iránti megnövekedett kereslet várható mértékét körvonalazzák, egyúttal bemutatja a szükséges növényi többletbiomassza-igényt is, amely a következő évtizedekben várható, és amelynek célja egyrészt az emberi élelmiszer-ellátás biztosítása, másrészt a növekvő állatállomány takarmányigényének kielégítése, külön feltüntetve a bioüzemanyag-ipar várható növekvő igényeit is, amennyiben a jelenlegi technológiákat nem váltják fel alapvetően újak. A szerző foglalkozik a különböző állattenyésztési ágazatok egymáshoz viszonyított egységnyi termék előállítására vonatkozó erőforrásigényével és az azzal együtt járó környezeti komplex lábnyommal is, összefoglalva az Egyesült Királyságban, az USA-ban és az OECD-országokban végzett és a saját tanulmányok legfontosabb eredményeit. Az intenzív állattenyésztési árutermelési rendszerek, amelyek nagy termőképességű növényfajtákat és nagy termelőképességű állatpopulációkat tartanak a rendszerben, a jövőben még nagyobb szerepet játszanak, különösen a baromfi és a sertéshústermelésben, a tejtermelésben és a zárt rendszerű haltenyésztésben, mert ezek a rendszerek használják fel a leghatékonyabban a különböző erőforrásokat (takarmány, víz, termőföld), és a környezeti lábnyom is utóbbi rendszerekben a legkisebb egységnyi mennyiségű előállított állati termékre vonatkoztatva. A klímaváltozás húsz éven belül különösen az extenzív legeltetésre alapozott (3 milliárd ha) területen csökkenti mintegy 50%-kal az állatitermék-előállítást. A megújuló vízkészletekkel gazdálkodó, öntözésre alkalmas területek vagy azzá tehető régiók szerepe minden korábbi időszaknál fontosabb lesz a jövő élelmiszer-termelésében, erre a szempontra sokkal nagyobb figyelmet kell fordítani Magyarországnak is. Alapvetően új komplex vízstratégia szükséges, következetesen érvényesítve a szakmai szempontokat.[1]

[1] A tanulmány a Kereskedelmi és Hitelbank és az Agrár Európa Club közös rendezésében lezajlott szakmai ülés (Budapest, 2013. február 28.) keretében tartott előadás alapján készült.

BEVEZETÉS

Az emberiség történetének legutóbbi 60 éve az élelmiszer-termelésben nagyobb változásokat hozott, mint korábban 2000 év. Elvitathatatlanul nagy eredmény, hogy a több mint kétszeresére, 2,5-ről 7 milliárd felettire nőtt népességből ma több mint 3 milliárdnak jobb és biztonságosabb az élelmiszer-ellátása, mint az 1950-es években a jól ellátottnak számító 900 milliónak volt. Az 1950-es években 400 millió, az akkori népesség 16%-a éhezett, napjainkban ez mintegy 800-900 millió, többek szerint már meghaladja az 1 milliárd főt is. Különösen figyelemreméltó, hogy 1750 és 1950 között 200 év alatt a Föld lakossága 800 millióról nőtt 2,5 milliárdra. Ez a 200 év meglehetősen folyamatos, de viszonylag lassú népességnövekedés eredménye volt, ennek a megháromszorozódó népességnek az élelmiszer-ellátása leginkább új területek szántóföldi termelésbe vonásával, extenzív úton történhetett (*Horn, 2004*). A fajlagos terméshozamok az 1750–1950-es évekig világszinten csak kis mértékben nőttek. Az igen gyors fejlődést a növénytermesztésben és az állattenyésztésben új, nagy teljesítményű növény- és állatfajták, új termelési, tárolási, feldolgozási, logisztikai és más eljárások széles köre tette lehetővé, hasznosítva komplex rendszerekként szinte minden tudományág és technológiai előrehaladás és vívmány eredményeit. A növényi terméshozamok ugrásszerű gyorsasággal megtöbbszöröződtek és a legtöbb háziállatfajban a fajlagos hozamokat is megsokszorozták. Ma ezt az időszakot, és különösen az 1950–1990 közöttit zöld forradalomként említik és fogadják el. A zöld forradalom tartalékai azonban ma egyértelműen kimerülőben vannak.

A legutóbbi időszakban számos új jelenség tapasztalható a világban, amelyek mélyrehatóan változtatják meg az élelmiszer-termelés feltételeit, új igények fogalmazódnak meg, változnak a peremfeltételek, sok vonatkozásban új alkalmazkodási kényszerhelyzetet, stratégiákat teremtve, illetve követelve. Az egyik tényező, amivel komolyan szükséges számolni, az a mezőgazdasági alapanyag-termelés, döntően a növényi biomassza-termelés peremfeltételeinek romlása, az élelmiszer-termelés természeti erőforrásainak szűkülése. Ugyanakkor számolni indokolt az emberiség növekvő élelmiszerigényével, mind mennyiségi, mind minőségi, mind élelmiszer-biztonsági vonatkozásban. Fokozottan számításba kell venni az egyes ágazatok erőforrásigényét és környezetterhelő hatásait. Végezetül az éghajlatváltozás jelenlegi trendjeit is figyelembe kell vennünk. A következőkben az utóbb említett néhány tényezőre kívánok részletesebben kitérni, elsősorban az állati termék előállításának szempontjait véve figyelembe.

ROMLÓ PEREMFELTÉTELEK AZ ÉLELMISZER-TERMELÉSBEN

A Föld termőföldkészlete eredendően korlátozott volt mindig, mivel a világ szárazföldjeinek döntő része alkalmatlan volt és minden valószínűség szerint alkalmatlan is lesz akár növénytermesztésre, akár érdemi legeltetéses állattartásra, hiszen több mint 40%-a az összterületnek túl száraz, 21-22%-a túl nedves, ugyanekkora hányad túlságosan hideg, 8%-a a terepadottságok miatt alkalmatlan minden érdemi agrárjellegű tevékenységre.

Ugyanakkor a megmaradó és szűkös termőföldkészlet csökkenése a világ fejlett és fejlődő országaiban jóval nagyobb mértékű, mint ahogy az általában köztudott. A gyorsan fejlődő ázsiai és dél-ázsiai térségben az infrastruktúra és egyéb nagyléptékű fejlesztések elsősorban és szükségszerűen a legértékesebb termőföldterületeken létesülnek, hiszen a lakosság zöme itt összpontosul. Több tényező összhatásaként Kínában például az elmúlt negyed században 50%-kal csökkent a legjobb minőségűnek tartott termőterületek összterülete. A túl-

legeltetés Észak-Kínában a földművelésre és legeltetésre alkalmas területek 15%-át már elsivatagosította az utóbbi 50 évben. A megmaradt legelőterületek fűhozama is 40%-kal csökkent (*Diamond, 2007*). A termőföldterületek mennyiségi csökkenése és minőségének romlása sajnálatosan többékevésbé érinti a legtöbb fejlett és fejlődő országot is. Nem kivétel ez alól Magyarország sem. Szomorú tudomásul venni azt, hogy Magyarország az elmúlt két évtizedben majdnem kétszer akkora hasznosítható területet vesztett el, mint Szlovénia összes szántóföldterülete. Az oktalan földhasználat a Föld számos részén elsivatagosodást, részben csökkenő termőképességet okoz. Jelentős új földterületek érdemi bevonása a termelésbe gyakorlatilag alig lehetséges vagy jelentős környezeti károkat okoz (erdőirtások: Brazília, Indonézia).

Az emberiség állatifehérje-ellátásában a hal a legnagyobb tételt jelentette főként a tengeri halászat, kisebb részben az édesvízi halászat és a mesterséges haltenyésztés révén. A tengeri halfogások évek óta stagnálnak vagy csökkennek, annak ellenére, hogy a halfogások magas szintjét ma már leginkább szinte a rablógazdasággal jellemezhető nagyon fejlett halászati technikákkal próbálják fenntartani. A világ mintegy 4 milliós hajóflottája minden ellenkező próbálkozás ellenére folyamatosan szinte lerabolja a világtengerek halállományát. A tengerbiológusok többsége szerint az óceánokat napjainkban már 70-80%-kal kevesebb nagy testű, vándorló életmódot folytató hal lakja, mint 100 éve. Ugyanakkor a tengeri halászat napjainkban is még mintegy 200 millió embernek ad munkát, és csupán Ázsiában körülbelül 1 milliárd ember szinte kizárólagos állati fehérjeforrása a hal (*Diamond, 2007*). Sajnos az édesvízi halászat helyzete sem jobb a tengerinél, sem mennyiségi, sem minőségi vonatkozásban. Ugyanakkor a hal iránti kereslet világszerte folyamatosan nő a mesterséges halhústermelést serkentve.

A tengeri és az édesvízi halászat hozama 1995 óta 95 millió tonna körül ingadozik. A világon elfogyasztott halak és rákok több mint a felét már akvakultúrában, tenger- vagy édesvízben, szigorúan ellenőrzött körülmények között tenyésztik. Az akvakultúrás termelés jelenleg már meghaladja a 70 millió tonnát évente, és gyorsan nő tovább (*FAO FishStat, 2011*). A mesterséges akvakultúra magas biológiai értékű, sok állati fehérjét is tartalmazó gyári keveréktakarmányokat igényel, egy olyan új takarmányipart hozva létre, amelynek többletalapanyag-igényével nagyon komolyan számolni indokolt.

A világ számos országában az öntözés döntő fontosságú a növényi biomassza-termelés mennyiségének, minőségének és termelésbiztonságának fenntartásában, magas hozzáadott értékű növényi kultúrák előállításában. Ugyanakkor a világ számos régiójában, ahol öntözésre alapozott a növényi kultúrák előállítása, súlyos és fokozódó gondokkal szembesülnek. Az öntözővízzel kapcsolatos mennyiségi és minőségi gondok egyaránt jelentkeznek a fejlett és fejlődő országokban is. Így például az USA számos szövetségi államában, de Ausztrália számos régiójára is jellemző, hogy a talajvíz széles körű felhasználása öntözésre aggasztó mértékben csökkentette a talajvízszinteket. Kalifornia világhírű kertészeti gazdaságainak egy részét a legutóbbi években felszámolták, mert a vízért folyó árveréseken vesztesek lettek (pl. Napa Valley).

A kínai példa is szinte alig hihető. Kínában édesvízből a világátlag negyedrésze jut egy főre, nagyon egyenetlen eloszlásban. A városok és a növénytermesztési kultúrák vízigényének kétharmad részét kutakból elégítik ki, a földalatti vízkészletek gyorsan kimerülnek, a tengerparti részeken az édesvíz helyére sósvíz szivárog (*Diamond, 2007*). A helyzet jelenleg oly súlyos, hogy például a pekingi medencében a talajvízszint 50 métert süllyedt az elmúlt fél évszázadban, de Indiában is

súlyos környezeti károsodásokat okozott az öntözés (*Somlyódy, 2008*). Az említett néhány példa alapján is egyértelmű, hogy az élelmiszer-termelésben a vízzel való hatékony gazdálkodás a jövő egyik kulcskérdése. A mezőgazdaság ugyanis a legnagyobb vízfelhasználó a földön, mert a megújuló és hasznosítható édesvízkészlet 70%-át igényli. Sajnos azonban sok helyen a növénytermesztési kultúrák öntözése során a megújuló készleteket a megújulás ütemét meghaladó mértékben hasznosítják, ami ellenkezik a fenntarthatóság feltételével. A felszín alatti vízkészletek két fajtája ismert, az egyik része a víz körforgásának, a második fosszilis, valamikor kizáródott valamilyen oknál fogva. A világ számos helyén, ahogy azt már korábban említettük, a felszín alatti vízkészletek gyors és kritikus csökkenéséről van szó (*Somlyódy, 2008, 2011*).

A klímaváltozás jelenlegi trendjei vitathatatlanul potenciálisan befolyásolják a világ agrárgazdaságát, az eddigi tapasztalatok sokkal inkább negatívak, mint pozitívak, ezért a közeljövő agrárgazdasági stratégiáinak kidolgozása során meg kell kísérelni a hatások számbavételét.

A NÖVEKVŐ ÉLELMISZERIGÉNY VÁRHATÓ TRENDJEI, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL AZ ÁLLATI TERMÉKEKRE

Várható, hogy a következő 2-3 évtizedben az emberiség létszáma tovább nő, habár üteme kissé mérséklődik a korábbi időszakhoz képest, de kétségkívül jelentős marad, és a nagy inercia miatt minden bizonnyal eléri a 9 milliárd főt. Amennyiben az emberiség döntő mértékben növényi táplálékokkal élne, az élelmiszer-ellátás korántsem jelentene nagyon nehezen megoldható feladatot. Az emelkedő életszínvonal következtében azonban nő az állati termékek aránya a humán diétán belül. A humán táplálkozási szerkezet súlypontjának akár csak részleges átrendeződése növényi élelmiszerekből állati termékekre azt jelenti, hogy sokkal több növényi termék szükséges egy-egy ember ellátásához, mert az állati eredetű élelmiszerek megtermelése 4-10-szeres növényibiomassza-felhasználással jár a transzformációs veszteségek miatt (*Horn, 2008*). Amennyiben az egy családra eső éves GDP 1500 dollár alatti, gyakorlatilag állati terméket nem vagy alig fogyaszt a lakosság, kivéve azokat az eseteket, amikor vadászat vagy halászat révén jutnak hozzá ahhoz (*Roppa, 2007*). Az 1. táblázatban az állati eredetű élelmiszerek arányának növekedése látható az emberi táplálkozásban annak függvényében, hogy az egy főre eső GDP hogyan változik. Az adatokból kitűnik, hogy a 9000-10 000 dollár egy főre eső éves GDP eléréséig növekvő állatifehérje-fogyasztással lehet számolni, e fölött azonban a fogyasztás, illetve arány érdemben nem nő tovább, hanem inkább a magasabb értékű, sok esetben luxustermékek irányába tolódik el, ez azonban nem jelent érdemi arányeltolódást, illetve mennyiségi növekményt.

1. táblázat
Az egy főre eső évi GDP és az állati eredetű élelmiszerek aránya az összes energiabevitelhez képest

GDP USD/fő	Az állati termékek aránya az összes energiabevitel %-ában
1 000–2 000	3–5
5 000–6 000	15–20
9 000–10 000	25–30
11 000–30 000	30–35

Forrás: FAOSTAT és GGDC (2007) adatok alapján Horn, 2012

Az összes állatitermék-fogyasztáshoz hasonló összefüggést mutat az egy főre eső GDP és az egy főre eső húsfogyasztás. Az összefüggést a 2. táblázat mutatja be. Az egy főre eső nemzeti jövedelem növekedése és a húsfogyasztás közötti viszonylag szoros összefüggés kb. 80-90 kg/fő/év húsfogyasztási színvonalig áll fenn. Az összefüggés fordított irányban is igaz, csökkenő jöve-

delemszint mérsékli a húsfogyasztást vagy olcsóbb termékek irányába tolja el azt.

2. táblázat
Az egy főre eső GDP és az évi egy főre eső húsfogyasztás összefüggése (világátlag)

Év	GDP, USD/fő/év	Húsfogyasztás, kg/fő/év
1961	2676	23,1
1971	3610	27,8
1981	4376	30,8
1991	4992	34,4
2001	5611	38,6
2030	7600	45,3

Forrás: Roppa, 2007

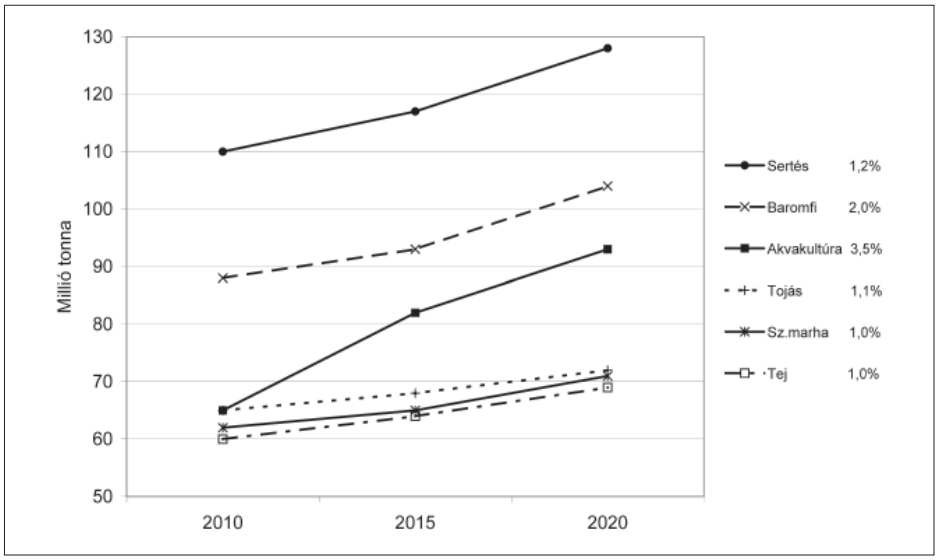
A húsfogyasztástól némileg eltér a tej- és a tojásfogyasztás évi jövedelemtől függő alakulása, mert azt egyéb speciális okok is módosíthatják.

Az egyes állati termékekből várható termelésnövekedést mutatja be az 1. ábra 2010–2020 között.

A sertés- és baromfihús-termelés és a várható fogyasztás tovább nő, és 2020-ig a növekmény megközelíti a 20 millió tonnát. Meglepőnek tűnik, de az előzőekben vázoltakból logikusan következik, hogy az állatitermék-előállítás legdinamikusabb ágazata az akvakultúra lesz, ahol 10 év alatt mintegy 30 millió tonnás termelésemelkedés várható. A tojás-, a marhahús- és a tejtermelés mindegyike nagyjából hasonló ütemben, kb. 10-10 millió tonnás világszintű növekedéssel jellemezhető. Figyelemre méltó, hogy a különböző országok összes húsfogyasztásán belül mekkora nagyságrendet képvisel a hal, aminek a modern emberi táplálkozásban az összes húsfogyasztáson belül betöltött szerepét egységnyi vásárlóerőre vetítve mutatja be a 2. ábra.

Magyar szemmel szokatlan, amit a 2. ábra mutat, mert Magyarországon összesen 4 kg körüli halat fogyasztanak évente, s ezzel sajnos Bulgáriával együtt Európa sereghajtói között szerepel az ország. Ugyanakkor a világátlag 17 kg, és az

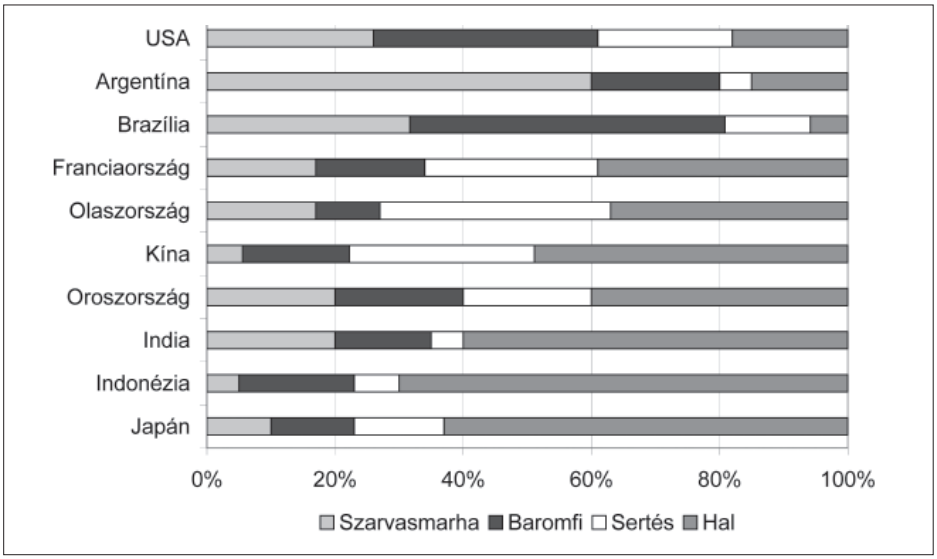
1. ábra
Az állati termékek előállításának globális növekedése (átlagos növekedési ütem 1,6%)



Forrás: Gasperoni – Bentley-Beal, 2010

2. ábra

Az egyes húsféleségek aránya az összes húsfogyasztáson belül néhány országban



Forrás: Novus Analysis, 2010

európai meghaladja a 20 kg-ot. Szembetűnő a halat különösen kedvelő (Japán) vagy azt más húsféleség híján döntően kényszerből fogyasztó (India), valamint a másik póluson a halat mérsékeltebben kedvelő (Brazília, Argentína, USA) országok közötti igen nagy különbség. Ne feledjük azonban, hogy például az USA kb. 18%-os halfogyasztási aránya sokszorosa a magyarénak abszolút mennyiségben, hiszen az USA összesített húsfogyasztása csak a baromfit, a sertést és a szarvasmarhát figyelembe véve mintegy 120 kg.

Azt, hogy várhatóan milyen mértékben nő a fejlett és fejlődő világ hús- és tejfogyasztása mintegy 40 év múlva, mutatják a 3. táblázat adatai.

A fejlődő országok húsfogyasztása előreláthatólag több mint 2,3-szorosára, tejfogyasztása 2,6-szorosára nő. A hús- és tejtermelés együttes növekménye 552 millió tonnát tesz majd ki. Ehhez képest eltörpül a fejlett országokban várható alig 20% feletti hús- és 10%-os tejfogyasztási növekmény, ami összesen 54 millió tonnát, a fejlődőknek várhatóan alig 10%-át teszi ki.

Figyelembe véve az állati termékek iránti növekvő keresletet és a prognosztizálhatóan ezt az igényt fedezni hivatott termelésfelfutást, számításokat végeztek

3. táblázat

A világ várható állatitermék-fogyasztása

	Év	Évi egy főre eső fogyasztás		Összes fogyasztás	
		hús, kg	tej, kg	hús, millió t	tej, millió t
Fejlődők	2002	28	44	137	222
	2050	44	78	326	585
Fejlettek	2002	78	202	102	265
	2050	94	216	126	295

Forrás: Tarawali et al., 2011

arra vonatkozóan, hogy a növényi termékek mennyiségét illetően (takarmány) mekkora igények jelentkeznek majd. A jelenlegi igény növényi termékekből mintegy 2800 millió tonna.

Felmérték azt is, hogy a várható népességnövekedés által generált szükséglet mekkora növényi terméktöbbletet igényel majd, továbbá a jelenleg tervezett bioenergia-termelési célok mekkora növényi alapanyag-mennyiséget fognak lekötni. A számításokat 2030-ig terjedő időszakra végezték el (4. táblázat).

4. táblázat
Az emberiség többletigénye a legfőbb növényi termékekből 2030-ig

	Millió tonna
Emberi többletfogyasztás, fejlődő országok (nagy népességnövekedés)	800
Döntően állati takarmány, gyorsan fejlődő országok	900
Döntően energiatermelés, fejlett országok	1100

Forrás: Nonhebel – Kastner, 2011

A 4. táblázatban összefoglaltak világosan rávilágítanak arra, hogy már 20 éven belül több mint 60%-kal (1700 millió tonna) kellene növelni a főbb növényi termékek termelését annak érdekében, hogy döntően a fejlődő országok növekvő népességét el lehessen látni élelmiszerrel, és a gyorsan fejlődő országok számára szükséges állatitermék-többlet előállításához elegendő takarmány álljon rendelkezésre. *Ez a jövőkép önmagában új, második „zöld forradalom" szükségességét indokolja.*

A „második zöld forradalom" sokkal komplexebb interdiszciplináris megoldásokat követel majd, mint az 1950–2000 közötti. Alapjaiban érinteni fogja a növényi biomassza és állati termék előállítása termékpályáinak minden fázisát és peremfeltételeit. Új innovációs hullám nélkül nem lesz esély a sikerre. Világszerte igen számottevő pótlólagos tőkebefektetésekre lesz szükség, a szellemi erőforrások érdemi bővítése mellett. Nagy valószínűséggel a mainál nagyobb mértékben a tengervizet mint pótlólagos biomassza-termelő kapacitást is számításba szükséges venni.

A fejlett országok által tervezett bioüzemanyag-előállítási programok többletigénye olyan nagyságrendű, ami már minden bizonnyal hatalmas zavarokhoz és feszültségekhez vezet majd a világ agrárgazdaságában akkor, ha a jelenlegihez hasonló technológiákat alkalmaznak bioüzemanyagok előállítására.

Az egyes állattenyésztési ágazatok fajlagos erőforrásigénye és komplex környezetterhelő hatása

Az utóbbi évtizedben több komplex kutatási program tűzte ki célul azt, hogy a különböző állattenyésztési ágazatok egységnyi termékre vetítve mekkora erőforrásigényűek (pl.: energiafelhasználás, termőföldlekötés) és milyen a környezetterhelés különböző paramétereket véve figyelembe (pl.: üvegházhatású gáztermelés CO_2-egyenértékben, eutrofizációs potenciál PO_4-egyenértékben, légkörsavanyító hatás SO_2-egyenértékben, növényvédőszer-felhasználás területegységenként).

A bevezető alapkérdés megválaszolására az egyik legelső és legátfogóbb nagy analízist az Egyesült Királyságban végezték (*Williams et al., 2006*). A legfontosabb adatokat az 5. táblázat mutatja, ami a baromfihús, a tojás, a sertéshús, a marhahús, a tej és a juhhús előállításának erőforrásfelhasználását és környezetterhelő hatásait ismerteti egységnyi összehasonlítható termékmennyiségre vetítve. Az 5. táblázatban összefoglalt fajlagos adatok 1 tonna hús, 20 ezer tojás és 10 m^3 tej előállítására vonatkoznak a reális összehasonlíthatóság érdekében, figyelembe véve a hús, a tojás és a tej naturális beltartalmi értékét az emberi táplálkozásban betöltött szerepük szerint. Világosan kitűnik, hogy a szapora állatfajok egyértelműen kedvező pozíciókat foglalnak

5. táblázat
Fajlagos erőforrás-felhasználás és környezetterhelő hatások alakulása különböző állattenyésztési ágazatokban

Erőforrások és környezeti hatások	Baromfihús	Tojás	Sertéshús	Marhahús	Tej	Juhhús
Energiafelhasználás, GJ	12	14	17	28	25	23
Üvegházhatás, kg CO_2-egyenérték 100 év	4,6	5,5	6,4	16,0	10,6	17,0
Eutrofizációs potenciál, kg PO_4-egyenérték	49	77	100	158	64	200
Légkörsavasítás, kg SO_2-egyenérték	173	306	394	471	163	380
Termőföldlekötés, ha	0,64	0,67	0,74	2,33	1,20	1,40

Forrás: Williams et al., 2006

6. táblázat
A sertés növekedési erélyének hatása a szén-dioxid-termelésre (CO_2/élősúly kg) különböző testtömegtartományokban

Testtömeg, kg	Tömeggyarapodás, g/nap	CO_2-termelés, kg/testsúly kg
40	500 700	1,34 1,26
60	400 600 800	1,85 1,58 1,46
80	400 600 800	2,11 1,82 1,67
100	500 700	2,11 1,87
120	500 700	2,26 2,02

Forrás: Jentsch et al., 2009

el mind az energiafelhasználásban, mind az üvegházhatású gázkibocsátásban, mind pedig a termőföldlekötésben. Az említett vizsgálatsorozatban korszerű, nagyteljesítményű fajták és tartásrendszerek képezték a felmérések alapját.

Figyelemre méltóak azok a vizsgálatok, amelyek világosan mutatják, hogy az állatfajták, illetve típusok genetikai teljesítményének javítása csökkentőleg hat az egységnyi előállított termékre vetített környezetterhelő hatásokra, egyúttal erőforrásigény-csökkentő hatásúak is. A 6. táblázat eltérő növekedési erélyű hízósertésekre, a 7. táblázat különböző tejtermelő képességű tehenekre vonatkozóan szemlélteti a genetikailag determinált teljesítménykülönbségek hatását a környezetet terhelő szén-dioxid-termelésre egységnyi termékre vetítve. Az adatok mindkét állatfajnál egyértelműek és a nagyobb teljesítményű állatok fölényét mutatják.

7. táblázat
Az 1 kg tejre jutó éves CO_2-kibocsátás alakulása az éves tejtermelés függvényében (700 kg-os tehén)

Éves tejtermelés, kg	Évi CO_2-kibocsátás, kg/tehén	CO_2, kg/kg tej
4 000	3475	0,87
6 000	3835	0,67
8 000	4255	0,53
10 000	4675	0,47
12 000	5040	0,42

Forrás: Jentsch et al., 2009

Más oldalról a vizsgálatok azt is mutatják, hogy ha azonos genetikai képességű állományokat különböző tartásrendszerekben tartanak, jelentősen változik tartásmódtól függően az egységnyi termékre eső erőforrásigény, illetve a környezetet terhelő hatások széles köre. A jelenség szemléltetésére két baromfipélda hozható fel. A 8. táblázatban angol vizsgálatok alapján azonos növekedésre képes brojlercsirkéket hasonlítottak össze különböző tartásmódokban. A 9. és 10. táblázatban Németországban

üzemeltetett, de különböző tartásrendszerekben tartott magas genetikai képességű tojótyúkokra érvényes adatok láthatók egyrészt egységnyi tojásra vonatkoztatott erőforrás- és gazdaságossági paraméterek, másrészt a környezetet terhelő hatások vonatkozásában. Az adatok jól tükrözik azt, hogy a különböző tartásrendszerek jelentős hatást gyakorolnak az erőforrások mértékére és a fajlagos környezetterhelésre akkor is, ha különböző tartásrendszerekben azonos genetikai termelőképességű állományokat tartanak. Sajnálatos, hogy az alternatív rendszerek rosszul szerepelnek.

A közelmúltban az OECD-országokban közzétett 17 tanulmány adatait összesítette

8. táblázat

Különböző alternatív brojlerhizlalási rendszerek környezetterhelése 1 tonna hús előállítása esetén

Erőforrásigény és környezeti hatás	Hagyományos	Organikus	Kifutós (nem organikus)
Energiafelhasználás, MJ	12 000	15 800	14 500
Üvegházhatás, kg CO_2-egyenérték 100 év	4 570	6 680	5 480
Eutrofizációs potenciál, kg PO_4^{3-}-egyenérték	49	86	63
Légkörsavasítás, kg SO_2-egyenérték	173	264	230
Termőföldigény, ha	0,64	1,40	0,73
Nitrogénveszteségek			
NO_{3-} – N, kg	30	75	37
NH_{3-} – N, kg	40	60	53
N_2O – N, kg	6,3	9,3	7,6

Forrás: Williams et al., 2006

9. táblázat

Az 1 kg tojás előállítására eső CO_2-kibocsátás, vízszükséglet és takarmánytermő terület alakulása a tartásmódtól függően

Tartásmód	CO_2-egyenérték, kg	Vízszükséglet, m^3	Takarmánytermő terület, m^2
Ketrec (hagyományos)	2,650	3,3	5,74
Berendezett ketrec	2,817	3,5	6,11
Padlós többszintes	2,880	3,6	6,22
Padlós egyszintes	3,110	3,7	6,49
Kifutós	3,410	4,0	7,02

Forrás: Bessei, 2011

10. táblázat

Néhány gazdaságossági mutató tojótyúkoknál különböző tartásmódok mellett

Tartásmód	Értékesíthető ép tojás, db/tyúk	Napi takarmányfogyasztás, g	Állandó költség tyúkférőhelyre, euró/év	Munkaidő-ráfordítás, perc/tyúk/év
Ketrec (hagyományos)	280	110	2,00	5
Berendezett ketrec	275	115	3,60	-
Többszintes padlós	270	120	3,60	10
Egyszintes padlós	270	120	3,90	16
Kifutós	260	125	>4,00	22

Forrás: Damme, 2011

De Vries és De Boer (2010). E tanulmányokban különböző sertés-, brojlercsirke-, húsmarha-, tej- és tojástermelő telepek, illetve rendszerek komplex összehasonlítását végezték el. Az analízisek többek között arra irányultak, hogy integrált szemléletben egységnyi állati termék, illetve fehérje előállításának mekkora az erőforrásigénye és mekkora a különböző paraméterek szerint mért környezetterhelés. *A sokoldalú multidiszciplináris vizsgálatok minden állattenyésztési ágazatban azt mutatták, hogy egységnyi termékre vetítve a legkisebb komplex erőforrásigény és a legkisebb környezetterhelés azokban a termelési rendszerekben mérhető, ahol nagy teljesítményű fajtákkal, intenzív tartási-takarmányozási megoldásokat alkalmaztak, országtól, kontinenstől függetlenül.*

A komplex folyamatok szemléletes megvilágítására szolgálhat a következő példa.

A tejtermelés hatékonyságának az egész termelési folyamatot figyelembe vevő összehasonlítása különösen érdekes egy nagyszabású amerikai vizsgálatsorozat eredményeinek tükrében. Az USA mezőgazdasági kormányzata (USDA) a *Cornell Egyetem* vezetésével egy konzorciumot bízott meg azzal, hogy mérjék fel a tejtermelésre vonatkozóan azt, hogy mekkora az erőforrásigényben és a környezetterhelésben mutatkozó különbség akkor, ha az 1944-ben alkalmazott fajták tartási és takarmánytermelési-takarmányozási rendszereinek figyelembevételével állítanák elő a tejet, összehasonlítva azt a 2007-re jellemző komplex feltételrendszerrel (*Capper et al., 2009*). Természetesen ilyen analízis csak olyan országban lehetséges, ahol a termelés minden egyes összetevőjére pontos statisztikai adatok állnak rendelkezésre minden egyes szövetségi államra vonatkozóan. A figyelembe vett igen nagy számú tényezőből a 11. és 12. táblázatban csak a legfontosabb adatok tekinthetők meg. A 11. táblázat a termelési rendszerek jellemzőiből csupán a fajtaösszetételt, a tejtermelést egy tehénre vetítve és a takarmányozás legfontosabb elemeit ismerteti. Az egy tehénre eső tejhozam 1944-ben alig haladta meg a 2000 litert (Magyarországon ez a tejhozam az 1960-as évek végén volt jellemző). Az átlagos tejtermelés 2007-ben meghaladta a 9000 litert (ezt hazánkban már az ellenőrzött állomány is eléri). Természetesen nemcsak a tehenek tejtermelése, hanem a takarmánytermelésben alkalmazott új növényfajták és fejlett termesztési módszerek és tartási rendszerek is nagyon sokat fejlődtek a több mint 60 év alatt. A 12. táblázatban az 1944-ben és 2007-ben mutatkozó különbségek értékelhetők az erőforrásigényt és a környezetterhelés néhány fontosabb elemét kiemelve, 1 milliárd liter tej előállítását figyelembe véve. Az adatokból egyértelműen kitűnik, hogy 1 milliárd liter tej előállításához 1944-ben összesen több mint 948 ezer szarvasmarhára volt szükség ahhoz, hogy a 414 ezer tejtermelő tehén folyamatosan termelésbe állítható legyen, míg 2007-ben már csak 202 ezer állat elegendő ahhoz, hogy 93 ezer tejelő tehén szolgálhassa az 1 milliárd liter tej előállítását. Ennek alapján már köny-

11. táblázat

Az USA tejtermelési rendszerének jellemzői 1944-ben és 2007-ben

	1944	2007
Fajták	54% Jersey/Guernsey/Ayrshire 46% Holstein/Brown Swiss	90% Holstein
Tejtermelés, kg/év	2074	9193
Legfontosabb alaptakarmányok	Legelő, széna	Silókukorica, lucerna (siló)
Száraztakarmányok	Abrak + koncentrátum	Komplett keverékek

Forrás: Capper et al., 2009

nyen érthető, hogy azonos mennyiségű tej előállítására kevesebb mint negyedannyi takarmány, több mint 10-szer kisebb földterület és majd kétharmaddal kevesebb víz volt szükséges. Drámai módon csökkent az előbbiekből logikusan következően a környezetterhelés, hogy csak két komponenst véve példaként figyelembe: a termelt trágya tömegét és az üvegházhatású gázok mennyiségét.

Teljesen egyértelmű tehát, hogy egységnyi mennyiségű termékre vetítve a mai komplex, nagy hatékonyságú növénytermesztési és állattenyésztési rendszer a tejtermelésben mind az erőforrások oldaláról sokkalta hatékonyabb, mint pedig a környezeti hatásait tekintve is összehasonlíthatatlanul kisebb terhelést jelent az ökoszisztémára. A *Capper és munkatársai* által közölt adatok alapján kiszámítottam, hogy *az USA mai tejszükségletét, amely évente 80 milliárd litert meghaladó, nem is lenne lehetséges a kisebb termelőképességű régebbi fajtákkal és a sokkal extenzívebb növénytermesztési és legeltetési rendszerrel előállítani,* hiszen ha visszatérnénk az 1944-es termelési formára – amit sokan az USA-ban is ideálisnak tartanának különböző szempontokból –, akkor 143 millió hektár területet kötne le csupán a tejtermelési szektor, szemben a mai helyzettel, ahol ez összesen 13,6 millió hektárt igényel. Bármennyire is ideálisnak tűnik sokak szemében a régebbi környezetbarátnak tűnő termelési mód, *a jelenlegi magas igényszintet sem az erőforrások oldaláról, sem pedig a rendkívüli környezetterhelés miatt nem lehetne vállalni és technikailag sem megoldani* (*Horn, 2012*). Az elvégzett és az előbbiekben közölt számításoknak van egy „kisebb" hibája, nem vették számításba az 1944-es tejtermelési rendszer nagy élőmunka-igényét és köztudomású, hogy az embernek is van – nem is kicsi – környezeti lábnyoma, ez tovább terhelné az 1944-es adatsort.

A klímaváltozás várható hatásai az állattenyésztési rendszerekre

A klímaváltozásról nagyon sok szó esik pró és kontra, aminek részleteibe nem bocsátkozhatok.

A globális klímaváltozással összefüggő felmelegedés a víztakarékos gazdálkodást kiemelkedően fontossá teszi az állatte-

12. táblázat
Erőforrásigény és környezetterhelés 1 milliárd liter tej előállítása esetében 1944-ben és 2007-ben (USA)

	1944	2007
Összes tejtermelés, milliárd kg	53,1	84,2
Állatállomány, ezer db		
Laktáló tehén	414,80	93,60
Szárazon álló tehén	67,40	15,20
Üsző	429,20	90,30
Bika	19,29	1,31
Növendékbika	17,17	1,08
Összes	947,86	201,49
Inputok		
Takarmánymennyiség (friss), milliárd kg	8,26	1,88
Termőföldlekötés, ezer ha	1705	162
Víz, milliárd l	10,76	3,79
Kibocsátás trágyában		
Trágyatömeg (friss), milliárd kg	7,86	1,91
Gáztermelés (üvegházhatás)		
CO_2-lábnyom (állat + CH_4 + N_2O-egyenérték kg CO_2 × 10^9)	3,66	1,35

Forrás: Capper et al., 2009

nyésztésben is, mert a készletek átrendeződnek és az igények nőnek. A növényi és állati termékek előállítása nagyon vízigényes. Erre vonatkozóan a szemléltetés kedvéért néhány főbb növényi eredetű és állati termékre vonatkozó adatot a 13. táblázat mutat be.

13. táblázat
Különböző táplálkozási célokat szolgáló termékek előállításának vízigénye

Élelmiszer	Vízigény, l/kg
Rizs	3 000
Búza	1 500
Kukorica	1 000
Szója	1 800
Paradicsom	100
Marhahús	16 000
Brojlercsirke (konyhakész test)	4 000
Brojlercsirke-mellfilé*	7 000
Tenyésztett hal	2 000
Tej*	700
Kávé	150
Tea	40

Forrás: Somlyódy, 2011 és *Horn, 2005 nyomán

Aligha gondolná az ember, hogy egységnyi mennyiségű emberi vagy állati takarmányként szolgáló növényi termék előállításához milyen hatalmas mennyiségű víz szükséges. A 13. táblázatban bemutatott értékek a növényi és állati termékeknél korszerű és nagy teljesítményre képes növény- és állatfajtákra vonatkozó fajlagos vízigényeket tüntetik fel, így például a tejnél ez 8000 liter tejet termelő tehénre vonatkozik. Mind a növényfajtákra, mind az állatfajtákra érvényes, hogy az egységnyi termékre eső fajlagos vízfelhasználás általában annál kisebb, minél magasabbak a hektáronkénti hozamok, illetve az egyes állatfajták esetében is jelentősen csökken az egységnyi termékre eső vízfelhasználás, ha nő az állat teljesítménye, és ez egyaránt vonatkozik mind az ivóvíz, mind pedig a takarmány előállítására felhasznált csapadék, illetve öntözővíz mennyiségére is. Az erősebb felmelegedés hatására a növények vízhasznosítása is értelemszerűen romlik, döntően a nagyobb párologtatás miatt, de az állatok ivóvízfogyasztása is ugrásszerűen megemelkedik.

Annak érzékeltetésére, hogy a szelekció által elért teljesítménynövekedés mekkora vízmegtakarítással jár, csupán egy példa a pecsenyecsirkére vonatkozóan: 1978 és 2008 között, három évtized alatt nemzetközi teljesítményvizsgálatok adatai alapján 1 kg mellfilé – mint a brojler-előállítás legnagyobb értéket képviselő fő terméke – vízigényét 20 000 literről 7000 literre sikerült csökkenteni. Egy 2 kg-os pecsenyecsirke 30 év alatt majdnem kétszer rövidebb nevelési idővel állítható elő, és másfélszeresére nőtt a teljes testen belül a tiszta mellizom tömege. Természetesen a vízfelhasználásban a takarmánytermelés vízigénye is benne foglaltatik. Minden haszonállatfajban igazolható, hogy a termelőképesség növelése genetikai úton az egyik leghatékonyabb eszköz a vízhasznosítás szempontjából (*Horn, 2005–2008*).

A világ állattenyésztésének vízigényére vonatkozó becslések 2800 km^3/év (*Nardone et al., 2010*) és 3840 km^3/év között szóródnak (*ENSZ becslés id. Somlyódy, 2011*). A számok megdöbbentően nagyok, különösen akkor, ha például 7 milliárd ember összes éves ivóvízigénye 7 km^3. Ugyanakkor a növénytermesztés, illetve a takarmánytermelés vízigénye hatalmas, ami egyáltalán nem meglepő, csupán arra gondolva, hogy az abraktakarmányok alapját képező gabonafélék 1 kg-jának megtermeléséhez legalább 1000-1500 liter víz szükséges.

Ritkán gondolnak arra, hogy a mezőgazdasági termények kereskedelme milyen elképesztő mennyiségű vízkereskedelmet rejt magában, hiszen egyetlen kilogramm búza exportja vagy importja virtuálisan legalább 1500 liter víz mozgatását is jelenti. Az ilyen értelemben szemlélt agrártermékek kereskedelme felfogható átvitt érte-

lemben „virtuális vízkereskedelemnek" is. Ennek a különleges vízkereskedelemnek a mértékét próbálja érzékeltetni a 14. táblázat adatsora. A mezőgazdasági terményekben megtestesülő vízkereskedelem akár India és Kína, akár Nyugat-Európa, akár az USA adatait nézve hihetetlen vízmennyiségeket, illetve annak virtuális mozgatását jelenti. Még jobban érzékelteti a virtuális vízkereskedelem mértékét és nagyságát, hogy a Balaton teljes vízkészlete 2 km^3 akkor, ha tele van. Érdemes arra is gondolni, hogy az előrejelzések szerint Kínának 20 éven belül legalább 200 millió tonna gabonával többet kell importálnia a jelenleginél, és ez minimálisan 200-250 km^3 virtuális vízimportnak felel majd meg. Nem csodálható, hogy számos ország, amely föld-, illetve vízszűkében van, jelentős földterületeket vásárol a világ azon részein, ahol a csapadékellátás megbízható (pl. Kína és arab országok).

14. táblázat
Az agrárkereskedelem és a „virtuális" vízkereskedelem, a legnagyobb virtuális vízkereskedők

	km^3/víz/év
India és Kína	
import	200
export	50
Nyugat-Európán belüli kereskedelem	180
import	80
USA export	200

Forrás: Somlyódy, 2011 nyomán

Az utolsó évtizedben több elemzés született arra vonatkozóan, hogy a világ állattenyésztésére a jelenleg érzékelhető éghajlat-változási folyamatok hogyan hatnak és a közeljövőben milyen hatások várhatók. A számos mértékadó tanulmány alapján megkíséreltem összesíteni és áttekinthető formába rendezni azokat a tendenciákat, amelyek kirajzolódnak és valószínűleg be is következnek.

Az állattartási nagyrendszerek három nagy csoportra oszthatók: 1. extenzív legeltetési rendszerekre; 2. vegyes növény- és takarmánytermelő állattenyésztési rendszerekre; 3. zömében zárt, koncentrált, intenzív rendszerekre érdemi földterületek nélkül.

Az első kategóriába a föld hasznosítható szárazföldkészletéből hárommilliárd, a másodikba két és fél milliárd hektár esik. Az extenzív legeltetési rendszerekben ma a világon megtermelt húsmarha mennyiségének 20%-át, kiskérődzőinek 30%-át állítják elő. A második nagy rendszerben, ahol vegyes növény- és takarmánytermelési állattenyésztési rendszerek működnek, a tejnek 90, a húsmarha és juh 70, a sertés- és baromfihús 25 és a tojás 40%-át állítják elő. *Megdöbbentő nagyságrendet képviselnek ma már a zárt, koncentrált és intenzív állattenyésztési rendszerek, amelyek gyakorlatilag földterület nélkül üzemelnek, mert a baromfihús mintegy 70, a tojás 60, a sertés 55%-át állítják elő, a húsmarha kis hányadot képvisel.* Legújabban érdemben nő a tejtermelő tehenészetek száma is, különösen egyes arab országokban.

Az extenzív legeltetési rendszerekbe sorolt területek döntő része Afrikában, Ázsiában, Ausztráliában, kisebb mértékben Európában és Amerika egyes részein található. A vegyes növény- és takarmánytermelő állattenyésztési rendszerek zöme Európára, Indiára, Dél-Amerika keleti részére, Észak-Amerika számottevő területére, Afrika középső és déli részére jellemző, az USA és Kanada határvidéke is ide sorolható. A felsorolt régiókban a gazdálkodás természetes csapadékra alapozódik. A vegyes növény- és takarmánytermelésre alapozott állattenyésztési rendszerek területileg kisebb hányada öntözhető területeken helyezkedik el. Ezek a területek többségében Európa, a délkelet-ázsiai térség, az USA és Közép-Amerika egyes területeit foglalják magukban. A zárt, koncentrált, intenzív állattenyésztési rendszerek, amelyek nem vagy alig rendelkeznek földterülettel, zö-

15. táblázat
Az állattenyésztési nagyrendszerek potenciális lehetőségei a klímaváltozás tükrében

Rendszertípus	Biomassza-termelés várható változása	Várható esélyek
Extenzív legeltetéses rendszerek	–50%	Afrika, Ausztrália, Közép-Amerika, Dél-Ázsia, Kína egyes részei a leginkább veszélyeztetettek
- Természetes csapadékra alapozott rendszerek	– > +	Nehezen előre jelezhető, regionálisan is változó negatív és pozitív hatások is lehetnek
- Öntözött területek • Átfolyó vízkészletek	+++	Ahol átfolyó vízkészletekkel gazdálkodnak, nagyon kedvező prognózisok adhatók
• Talajvíz-hasznosítás	+	Talajvíz-hasznosítás már nehezedő feltételeket jelent
Intenzív, zárt, specializált tartási rendszerek		További előretörésük várható, elsősorban abrakfogyasztók, de kérődzők esetében is

Forrás: Silanikove, 2000; Frank et al., 2000; West, 2003; AIACC, 2006; Nienaber – Hahn, 2007; Nardone et al., 2010 és mások adatai felhasználásával

mében az USA középső és déli területein, Európa déli régióiban, Dél-Amerikában, Kelet-Ázsiában és a Közel-Keleten terjedtek el. Európa mérsékelt éghajlati zónájában is szaporodnak az ilyen jellegű állattartó telepek.

A 15. táblázatban állítottam össze a közeljövőre – 20 éves távlatban – vonatkozó prognózisokat, amelyek azt mutatják, hogy az állattenyésztési nagyrendszerek potenciális lehetőségei hogyan alakulhatnak a jelenlegi klímaváltozási folyamatok hatásaira.

A prognózisok azt jelzik, hogy az extenzív legeltetésre alapozott területeken – figyelembe véve a már jelenleg is jól érzékelhető folyamatokat – *a húsmarhák és kérődzők által termelt hús mennyisége mintegy 50%-kal csökken,* döntően az elsivatagosodás, a túllegeltetés és a csökkenő éves csapadékmennyiség következtében. Ez érinteni fogja Afrika, Ausztrália, India, Közép-Amerika, Dél-Ázsia és Kína egyes részeit. *A vegyes növénytermelő állattenyésztő rendszereket alkalmazó régiók közül a természetes csapadékra alapozott területeken nehezen előre jelezhetőek az állattenyésztésre gyakorolt hatások,* ezek az egyes érintett régiókban lehetnek pozitívak és negatívak, de inkább enyhe negatív tendenciák valószínűek, a szélsőségesebbé váló klímahatások által megnövekedő termésingadozások miatt. Ezen a kategórián belül az öntözhető területek két nagy csoportra oszthatók a kilátásokat tekintve. *Ahol az öntözés talajvízre alapozott* – amelyek egy része nem vagy lassan megújuló (lásd korábban) –, ott *nehezedő feltételekkel kell majd számolni,* a mainál hatékonyabb öntözési módokra kell átállni vagy az öntözést adott régióban teljesen meg is kell szüntetni.

Az öntözéses vagy azzá tehető területek, régiók fontossága és gazdasági súlya erősen növekszik majd, különösen azoké, ahol megújuló és jelentős átfolyó vízkészletek vannak, és ilyen Magyarország is, ugyanakkor Magyarország egész vízgazdálkodását is alapvetően újra kellene gondolni. Messze vagyunk attól, hogy a vízgazdálkodás Magyarország jövője szempontjából rendkívüli fontosságú stratégiai kérdései végre kiszabaduljanak abból a politikai karanténból, amibe a szakmai alapkérdések többségét sikerült bezárni. Ebben a kontextusban nem csak az öntözhető területek nagyon jelentős bővítése és ennek lehetőségei, a víztárolás többféle lehetőségének maximális kihasználása, de merem állítani, a nagymarosi vízlépcső és a Duna vízszintjének szabályozása mind beletartozik. Meggyőződésem, hogy egy átfogó és szakmai alapokon újragondolt komplex stratégia je-

lentős külső források bevonását is lehetővé tenné. *Az intenzív, jól ellenőrizhető tartási feltételeket kínáló, zömében zárt állattartási rendszerek további előretörése várható,* mert komplex hatékonyságuk jobb, mint más rendszereké, egységnyi termékre vetített környezetterhelő hatásaik csekélyebbek az extenzívebb rendszerekhez viszonyítva. Nagyobb állat-egészségügyi és extrém klímahatások elleni védelmet biztosítanak, mint más rendszerek. Többségükben jobb és egészségesebb munkakörülményeket teremtenek a kvalifikált munkaerőnek. Utóbbi tartásrendszer-típusokhoz nagy hatékonysággal csatlakoztathatók azok a trágya- és melléktermék-hasznosító fermentációs egységek, amelyekkel bioenergia termelhető, tovább csökkentve a környezetterhelő hatásokat is.

Természetesen azokat az ökológiai, geográfiai régiókat, ahol csak extenzívebb, például feltétlen legeltetésre alkalmas területek állnak rendelkezésre, azokat továbbra is célszerű és szükségszerű megfelelő fajú, fajtájú állatokkal, arra alkalmas tartásrendszerek alkalmazásával hasznosítani.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

(1) AIACC (2006): Assessment of Impacts and Adaptation to Climate Change (2006). Climate change and variability in the mixed crop livestock production systems of the Argentinean, Brazilian and Uruguaian pampas. Int. START Secretariat, Washington, USA (cit. Nardone et al., 2010) – (2) Bessei, W. (2011): Probleme bei der Umstellung der Legchennenhaltung von konventioneller Kafighaltung auf alternative Systeme. Proc. 10th Intern. Conf. on Poultry Production, Kaposvar, 2011. ápr. 6. 31-40. pp. – (3) Capper, J. L. – Cady, R. A. – Bauman, D. E. (2009): The environmental impact of dairy production: 1944 compared with 2007. J. Anim. Sci. 87. 2160-2167. pp. – (4) Damme, K. (2011): Geflügeljahrbuch. Verl. E. Ulmer, Stuttgart, 58-76. pp. – (5) De Vries, M. – De Boer, I. J. M. (2010): Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. Livestock Sci. 128. 1-11. pp. – (6) Diamond, J. (2007): Összeomlás. Tanulságok a társadalmak továbbéléséhez. Tipotex, Budapest, . 577. p. – (7) FAO (2010): FAO Yearbook. Rome – (8) FAO Fish Stat (2011): Universal software for fishery statistical time series. FAO – (9) FAOSTAT (2007): FAOSTAT Statistical Database. http:/faostat.fao.org/ – (10) Frank, K. L. – Mader, T. L. – Harrington, J. A. – Hahn, G. L. – Davis, M. S. – Nienader, J. A. (2000): Predicted global change effects on livestock performance based on empirical algorithms. Univ. of Nebraska, Lincoln – (11) Gasperoni, G. – Bentley-Beal, T. (2010): Methionine Global Outlook. The next decade. NOVUS Int. Inc. St. Charles, MO. – (12) GGDC (2007): Groningen Growth and Development Centre, total Economy Database (cit.: Nardone – Kastner, 2011) – (13) Horn P. (2004): Agrárgazdaság – EU-kitekintéssel. Mindentudás Egyeteme 2. kötet. Kossuth Kiadó, 13-37. pp. – (14) Horn P. (2005): Az egyes állattenyésztési ágazatok lehetséges alkalmazkodási lehetőségei a klímaváltozás függvényében. In. „AGRO 21" Füzetek 42. 3-9. pp. – (15) Horn P. (2008): Új helyzetben a világ élelmiszerellátása. Magyar Tudomány 69. 9. 1108-1124. pp. – (16) Horn P. (2012): A Föld természetes tápanyag forrásainak ésszerű hasznosításával összefüggő néhány kérdés. Magyar Tudomány 831-943. pp. – (17) Jentsch, W. – Piatkowsky, B. – Demo, M. (2009): Relationship between carbon dioxide production and performance in cattle and pigs. Arch. F. Tierzucht 52. 485-496. pp. – (18) Nardone, A. – Ronchi, B. – Lacetera, N. – Ranieri, M. S. – Bernabucci, U. (2010): Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. Livestock Sci. 130. 57-69. pp. – (19) Nienaber, J. A. – Hahn, G. I. (2007): Livestock production system management responses to thermal challenges. Int. J. Biometeorol. 52. 149-157. pp. – (20) Nonhebel, S. – Kastner, T. (2011): Changing demand for food, livestock feed and biofuels in the past and in the near future. Livestock Sci. 139. 3-10. pp. – (21) Roppa, L. (2007): Protein demand drives poultry production. World Poultry. 23. 9. 27-29. pp. – (22) Silanikove, N. (2000): Effects of heat stress on welfare of extensively managed domestic ruminants. Livestock Prod. Sci. 67. 1-18. pp. – (23) Somlyódy L. (2008): Töprengések a vízről – lépéskényszerben. Magyar Tudomány 169. 4. 462-473. pp. – (24) Somlyódy L. (2011): A világ vízdilemmája. Magyar Tudo-

mány 172. 12. 1411-1424. pp. – (25) Tarawali, S. – Herrero, M. – Descheemaker, K. – Grings, E. – Blümel, M. (2011): Pathways for sustainable development of mixed crop livestock systems: Taking a livestock and pro-poor approach. Livestock Sci. 139. 11-12. pp. – (26) West, J. W. (2003): Effects of heat stress on production in dairy cattle. J. Dairy Sci. 86. 2131-2144. pp. – (27) Williams, A. G. – Audsley, E. – Sandars, D. L. (2006): Determining the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities. Main Report Defra Research Project. ISO205 Bedford: Cranfield Univ. and Defra