

VÍZLÁBNYOM: A FENNTARTHATÓSÁG EGY ÚJ MÉRŐSZÁMA?

Marjainé Szerényi Zsuzsanna – Kocsis Tamás

Bevezetés

Az emberiség egyik létmeghatározó eleme a víz, amit számos formában használhatnak: ivóvízként, elfogyasztott élelmiszertermékeink előállításához, részben a természetészkor, részben a terméké alakításakor, a közlekedésben, de az egészséges környezet kialakításához is. A víz szűkös erőforrássá válása évtizedek óta téma, azonban ezt csak átfogóan, a felhasznált vízmennyiség egésze és a vízminőség alakulása/alakítása szempontjából vizsgálták, és kisebb hangsúlyt fektettek arra, hogy részleteiben hová is kerül a víz. Ez a téma globálisan is és egy-egy régió fenntarthatóságának is döntő eleme lehet. A kép árnyalásának egyik eszköze lehet a virtuális víz (*Allen, 1993*) és a vízlábnyom (*Hoekstra, 2003*) vizsgálata. A tanulmányban részben a két, viszonylag újnak tekinthető fogalom bemutatását tűztük ki célul, valamint annak a kérdésnek a megválaszolását, hogy egy ország gazdasági fejlettsége és vízfelhasználása között milyen összefüggés írható le, hiszen ez a jövőbeli életet jelentősen befolyásolhatja. Nem tehetünk teljesen egyértelmű kijelentéseket a gazdasági fejlettség és a vízlábnyom viszonyának leírására, azonban az empirikusan is alátámasztható véleményünk kialakításához megvizsgáltuk a két mutató közötti kapcsolat lehetséges irányait. Javaslatokat fogalmaztunk meg Magyarországra vonatkozóan abból a szempontból, hogy vízi erőforrásainkat hogyan hasznosíthatnák a jövőben, a fenntarthatósághoz kapcsolódóan.

Cikkünkben először az elméleti hátteret mutatjuk be, részben a vízlábnyom és a virtuális víz meghatározásán keresztül, részben annak demonstrálásával, milyen vonatkozásban alkalmazták az eddigiekben ezeket a fogalmakat. A következő részben elemzéseinket tekintjük át, külön az adatokat és külön az eredményeket. Az eredmények értelmezése során arra keressük a választ, mennyire lehet hasznos ez a megközelítés hazánk vagy hazánk egyes régiói számára a fenntarthatóság szempontjából.

Elméleti keret

A virtuális víz és a vízlábnyom fogalma

A vízfelhasználás hagyományos megközelítése rendszerint a háztartások, a mezőgazdaság és az ipar vízkitermelésével számol. E megközelítés hasznos információt szolgáltat ugyan, ám nem mond sokat az emberek fogyasztási szokásaiból fakadó vízigényről. E probléma megoldására született 2002-ben a vízlábnyom koncepció (*Hoekstra és Hung, 2002; Hoekstra és Chapagain, 2007*), amely – az „ökológiai lábnyom” koncepciótól köl-

csönzött megnevezésével ellentétben – nem valamilyen területegységben, hanem köbméterben határozza meg a vízfelhasználással kapcsolatos „lábnymot”. A vízlábnym nagysága arra a szükséges vízmennyiségre utal, amely egy adott színvonalon élő népesség hosszú távú fenntartásához szükséges. A vízlábnym megközelítés azonban egy, már korábban bevezetett fogalomra, a virtuális víz koncepciójára épül, amelyet *Allan* javasolt 1993-ban¹. A két fogalom a közel másfél évtizedes időszak alatt jelentős fejlődésen ment keresztül, s ma is fejlődik, köszönhetően a részletek kidolgozásának és annak, hogy értelmezése eléggé zűrzavaros volt. Mindenesetre 2011-ben kiadták a vízlábnym számításának módszertanát összefoglaló kézikönyvet (*Hoekstra et al., 2011*).

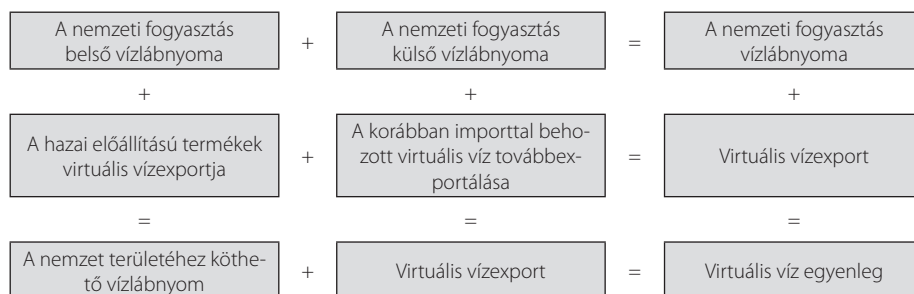
A virtuális víz azt a vízmennyiséget jelenti, amelyet egy termék előállítása során felhasználnak (*Allan, 1993*). Ezzel az eredeti cél egy olyan gazdasági eszköz kialakítása volt, amellyel a víz globális eloszlását vizsgálhatják a kereskedelemmel összefüggésben. A víz ilyenkor – a legtöbb esetben – láthatatlan, ezért a virtuális vízmennyiség elnevezés igen találó. Később, amikor a vízlábnym is megalkotásra került, már úgy találkozunk vele, mint a vízkereskedelemben résztvevő vízmennyiség (lásd pl. *MEA, 2005*). Az 1. ábra megmutatja, hogy valójában a virtuális víz mindkét értelemben alkalmazásra kerül.

A vízlábnym három komponensből áll: a zöld, a kék és a szürke vízből (lásd pl. *Gerbens-Leenes et al., 2009; Velázquez et al., 2011*). Már *Allannél* (1993) megjelenik a zöld és a kék összetevő. A zöld összetevő az a vízmennyiség, amely a csapadékból származik, vagy amely a talajnedvességben, illetve magában a növényzetben raktározódik. A kék-víz a felhasznált felszíni és talajvizet jelenti. A szürkevíz amely csak jóval később jelent meg összetevőként, azzal függ össze, hogy az egyes termékek és szolgáltatások előállítása során több-kevesebb szennyezett víz is keletkezik. Azt a vízmennyiséget jelenti, amely a szennyezett víz olyan mértékű hígításához szükséges, hogy az megfeleljen a mindenkori környezetminőségi standardoknak, elvárásoknak (*Hoekstra és Chapagain, 2008, idézi Velázquez et al., 2011*). A növénytermelésnél a zöld és a kék komponenseknek lehet nagyobb szerepe, a szürke víznek pedig az ipari termékek számbavételénél, de ha a termelési és fogyasztási folyamat egészét tekintjük, mindegyik területen mindnek szerepe van, legfeljebb azokat ma még nem tudjuk pontos értékekkel figyelembe venni. Ez utóbbi feloldására javasolják *Velázquez és szerzőtársai* (2011) az életciklus-elemzés bevonását a vízlábnym számításába.

A virtuális víz és a vízlábnym összefüggéseit az 1. ábra szemlélteti. A virtuális víz egyenleg valójában egy ország teljes vízlábnymát fejezi ki, amely tartalmazza az ország területén, a különböző termékek előállításához felhasznált virtuális vízmennyiséget, az export útján az ország területéről távozó, valamint az import során az adott országba behozott virtuális vízmennyiséget is. Egy adott országhoz köthető (belső) vízlábnym ezek szerint két komponensből áll, a saját területen történt termelésben felhasznált,

¹ Velázquez és szerzőtársai (2011) írják, miszerint már Allan maga utalt arra, hogy a virtuális víz eszméje egy izraeli kutatónál, Fishelsonnál jelent meg először az 1980-as években, amikor arról beszélt, hogy a vízhiányos Izrael vízigényes termékek kivitelével valójában vizet exportál.

valamint a termékekben importált vizet egyaránt tartalmazza. Ehhez hasonlóan, egy nemzet külső vízlábnyomát (virtuális vízexport) a termékek exportálásával kivitt, valamint a korábban importált, aztán továbbexportált termékek virtuális víztartalmával fejezhetjük ki.



1. ábra A virtuális víz és a vízlábnyom összefüggései

Forrás: Hoekstra és Mekonnen, 2012, Supporting Information, p. 3.

Egyesek szerint egyáltalán nem szerencsés arról beszélni, hogy az országok „vízzel kereskednek” (water is being traded) (Ansink, 2010). Reimer (2012) ezért úgy pontosítana, hogy az előbbi helyett „a víz által nyújtott szolgáltatások kereskedelme” kifejezést használhatnánk (pl. „import of virtual water” helyett „import of the services of water”). Velázquez és szerzőtársai (2011) arra hívják fel a figyelmet, hogy a virtuális víz és a vízlábnyom keveredése, netán szinonimaként való alkalmazása egy nagyon lényeges megkülönböztetést fed el, nevezetesen, hogy a virtuális víz egy olyan indikátor, amely a termelési oldalról közelít, míg a vízlábnyom a fogyasztóiról. Ennek eredményeképpen lehetőség nyílik arra is, hogy tükröződjön a felelősség kérdése is: ki felelős a felhasznált víz mennyiségéért, a termelő vagy a fogyasztó? Ha döntéshozatali folyamatban akarunk a vízlábnyom adatokra támaszkodni, ezt a megkülönböztetést érdemes megtartani, hiszen könnyebben eldönthető, mely oldalon kell(ene) beavatkozni.

A virtuális víz és a vízlábnyom gyakorlati alkalmazása

A virtuális víz fogalma még jelentősebbé vált, amikor a vízlábnyom, illetve a vízmérleg kiszámításához felhasználták. A vízlábnyom többféle értelmezésben is alkalmazható, pl. területi bontásban (a világ egészére vagy csak egy részére, egy kisebb térségre), termelési folyamatokra (pl. papírgyártás), növénytermelési területekre (pl. kukorica), de alkalmazták már a biomasszából előállított primer energia értékelésére is. Az alábbiakban ezekből szemezgetünk néhányat a megértés érdekében.

A 2012-es PNAS által publikált cikk (Hoekstra és Mekonnen, 2012) harmadik alkalommal közli a világ vízlábnyomát és virtuális víz adatait. A cikkből több érdekes eredmény is említésre érdemes. Az 1997-2001 közötti adatok alapján számoltakhoz (amely eredményekre mi is építettük elemzéseinket) képest a legfrissebb adatok egy hosszabb periódust (1996-2005) vizsgálva az átlagos vízlábnyom emelkedését jelzik, a korábbi érték 1 240 m³/fő/év volt, a legújabb becslés már 1 385 m³/fő/év. Továbbra is a mezőgazda-

ság a legnagyobb vízfelhasználó, több mint 90%-nyi arányban. A termelés teljes globális vízlábnyoma a vizsgált időszakban valamivel több, mint 9000 Gm³/évnek adódott. Az exportálásra kerülő vízlábnyom a teljes érték 19%-a. Néhány ország igen jelentős virtuális vizet visz ki hazájából a különböző termékek kereskedelmével (USA, Kína, India, Brazília, Ausztrália), míg mások fontos vízimportőrök (Japán, Közel-Kelet, Mexikó és néhány európai ország, pl. Spanyolország) (Hoekstra és Mekonnen, 2012).

Az egyes országok fogyasztásának vízlábnyoma igen eltérő. 102 ország (az 5 millió főnél nagyobb népességűek) elemzésével a szerzők (Hoekstra és Mekonnen, 2012) bemutatják, hogy míg az Egyesült Államok egy lakója éves szinten 2850 m³ vizet fogyaszt el, addig a kínaiak 1100 m³ körülit, a legalacsonyabb vízlábnyommal pedig Kongó rendelkezik. Amíg a korábbi számítások alapján Magyarország átlag alatti vízlábnyomú országnak mutatkozott, addig az új számítások már lényegesen magasabb, 2400 m³ körüli egy főre jutó értéket jeleznek (természetesen, a világ többi országánál is magasabb értékeket látunk ebben az új adatsorban, ám az ebből adódó magasabb átlagot is túlszárnyalja az új magyar érték).

A területi dimenziót értelmezhető kisebb térségekként is. A virtuális vízzel, annak kereskedelmi oldalával általában csak országos/nemzeti szinten foglalkoznak, így elrejtve azt a térbeli változatosságot, amit sok ország esetén tapasztalhatunk annak változatos agrár-klimatikus részei okán. Ahhoz, hogy a fogalmat és keretet helyi vagy vízgyűjtő-szintű menedzsment kérdések megválaszolásához használhassák, finomabb térbeli felbontásra van szükség. Montesinos és szerzőtársainak (2011) cikke egy régió, a dél-spanyolországi Guadalquivir folyó vízgyűjtőjére készült elemzést mutat be, amely a mezőgazdasági kék virtuális vizet vizsgálja al-vízgyűjtő szinten (a térségben elsősorban olívaolajfákat tartanak), majd az eredményeket aggregálják. Az elérhető kék víz 80%-át a mezőgazdaságban öntözésre használják, ezért az öntözési víz menedzsment fejlesztése különösen fontos kérdés ebben a térségben. Céljuk a virtuális öntözővíz mérleg becslése, amely fontos összetevője egy vízgyűjtő kék víz mérlegének, és további adatokkal szolgál a vízlábnyom kiszámításához. Ezzel az eljárással hatékonyabbá és racionálisabbá tehető a térségben található kék víz felhasználása. Ha a kék víz egy részét megtakarítják, azt más területeken hasznosíthatják.

Ge és szerzőtársai (2011) kínai tartományok vízlábnyomát számítják ki, amelynek azért van igen nagy jelentősége, mert Kína a legvízhiányosabb országok közé tartozik (benne van az első tizenháromban). Az eredmények azt mutatják, hogy jelentős térbeli különbségek mutatkoznak, általában a fejlettebb térségek/városok magasabb egy főre vetített vízlábnyommal rendelkeznek, és jellemző az is, hogy ezekben a régiókban alacsonyabb a vízintenzitás (egységnyi megtermelt értékre jutó vízfelhasználás) és jobb a vízfogyasztás hatékonysága is. Tanulmányuk feltárja azt is, milyen okokra vezethetők vissza ezek a térbeli különbségek; megállapításaik általánosíthatók is: (1) a térségek vízellátottsága eltérő (Kína esetében például jellemző, hogy az északi térségek vízben szegények, míg a déliek vízben gazdag területek); (2) a különböző területeken termelt (növényi és állati) termények virtuális víztartalma is eltérő; (3) változatos a fogyasztási szerkezet: a vízlábnyom nagysága a növényi és állati termékek fogyasztási arányától is függ (természetesen a húsfogyasztás nagyságát kulturális, életmódbeli tényezők is befolyásolják); (4) az urba-

nizáció közvetett módon hat a vízlábnyomra, hiszen ez befolyásolja az iparosodottság szintjét, a népesség nagyságát, így az egy főre számított értékekre hat; (5) a technológiai fejlettség különböző.

A kutatások másik fontos területe az egyes termékek/termények vagy termelési ágak vízlábnyomának meghatározása. Erre példa *Van Oel és Hoekstra (2011)* munkája, akik Hollandiára vonatkozóan azt vizsgálták, milyen megtakarításokat lehet elérni a vízlábnyomot illetően akkor, ha újrahasznosítják a papírt a papírgyártásban. A papír (nyomtató és író) vízlábnyoma 300 és 2600 m³/t közé esik, amely egyben azt is jelenti, hogy egy A4-es papír előállításához kb. 2-13 l vizet igényel. A visszaforgatás 60%-os vízmegtakarítást eredményezhet a visszaforgatás nélküli termeléshez képest (minél nagyobb ennek aránya, annál kisebb lesz a vízlábnyom, hiszen ekkor nincs szükség fára, így ebben a fázisban vízre sem). További megtakarítások érhetők el a papírgyártással összefüggő vízlábnyomban, ha vízhatékonyabb fajtát és termelési területet választunk.

Kiemelkedő fontosságú lehet a biomasszából előállított primer energia vízlábnyomának vizsgálata, amelyre *Gerbens-Leenes és szerzőtársai (2009)* tettek kísérletet. Különböző nyersanyagokat, illetve az azokból előállítható primer energia mennyiségét vetették össze a felhasznált vízmennyiséggel. Elemzéseiket négy országra végezték el: Hollandia, USA, Brazília és Zimbabwe, amely országok lényeges eltéréseket mutatnak azokban a tényezőkben, amelyek a vízlábnyomot meghatározzák (az energiahordozó termelésének helyszíne, a mezőgazdasági termelés technológiája, klimatikus tényezők, a termény jellemzői). Hangsúlyozzák, hogy a vízlábnyom számításakor nem vették figyelembe a termelésben felhasznált kemikáliák, műtrágya és növényvédőszer vízigényét², így az eredmények torzítanak ugyan, de a biomasszából előállított primer energia így is nagyságrenddel több vizet igényel a fosszilis energiahordozók alkalmazásához képest. A víz hasznosítását tekintve a leghatékonyabb energianövény a cukorrépa (60 m³/GJ).³ Az átlagos bioüzemanyag-vízlábnyom 24 m³/GJ (Hollandia) és 140 m³/GJ (Zimbabwe) között változik. Megállapítják, hogy ha az emberiség jelenlegi energiafelhasználását (ezt kb. 100 GJ-nak becsülik évente egy főre vetítve), amely ma 35 m³ víz éves szintű felhasználását igényli átlagosan (vegyesen a fosszilizsekből kielégítve), teljes egészében biomasszából akarnánk kielégíteni, az Hollandiában 2420, az USA-ban 5820, míg Zimbabweben 14 260 m³ vizet igényelne. Ez is azt jelzi, hogy az egyik szempontból fenntarthatóbbnak értékelt biomassza más szempontból éppen a fenntarthatatlanság felé mutat.

² A kemikáliák alkalmazásának figyelembevétele igen jelentős növekedést is eredményezhet a vízlábnyom értékében, mint ahogy az ökológiai lábnyom nagyságában is (lásd Mózner et al., 2012).

³ A hazánkban felhasznált növények ennél lényegesen több vizet igényelnek (kukorica: 110 m³/GJ, repce 410 m³/GJ – Gerbens-Leenes et al., 2009).

A vízlábnyom és a gazdasági fejlettség közötti kapcsolat

Adatok, módszer

Az ökológiai lábnyommal ellentétben a globális vízlábnyomnak még nem határozták meg egy felső, fenntartható mértékét (meglehet, ez nem is nagyon lehetséges), ezért az egyes országok jellemzésekor a világot *átlag* vízlábnyomhoz viszonyítunk.

Az elemzések időpontjában elérhető legfrissebb vízlábnyom adatok az 1997–2001-es időszak alapján számolnak (*Hoekstra és Chapagain, 2007*), amely a második ilyen adatsor, amit valaha is meghatároztak. Az elemzésben a www.waterfootprint.org honlapon közzétett adatbázisból indultunk ki (letöltés ideje: 2010. augusztus). A bruttó hazai termékkel (GDP) való összehasonlíthatóság érdekében a GDP 2001-es évre vonatkozó adatait használtuk a *Világbank* adatbázisa alapján (data.worldbank.org). A megadott értékek vásárlóerő paritáson (purchasing power parity), 2005-ös konstans nemzetközi dollárban (constant 2005 international \$) értendők. Az ökológiai lábnyom adatokat illetően azonban nem nyúltunk vissza a 2001 évig, hiszen egy meglehetősen új, módszertanát tekintve is folyamatosan finomodó elemzési eszközzel van szó. Jobbnak láttuk az elemzéskor elérhető legfrissebb, 2005 évi adatokkal⁴ egybevetni a vízlábnyom értékeket, a mindössze négyéves eltérés aligha befolyásolja érdemben a nagyléptékű összefüggések feltárását. Az ökológiai lábnyom adatok globális hektárban értendők, adataink forrása a *WWF Living Planet Report 2008-as* kiadványa, illetve a témát hivatalosan gondozó www.footprintnetwork.org honlap.

Elemzésünkben a világ huszonöt, 2001-ben legnépesebb országát,⁵ valamint Magyarországot vizsgáljuk. A bevont országok népessége a 2001-es világnépesség több mint háromnegyedét fedi le, a további több mint száz kisebb ország elemzésből való kihagyása tehát a főbb összefüggések áttekintését inkább segíti, mintsem akadályozná.

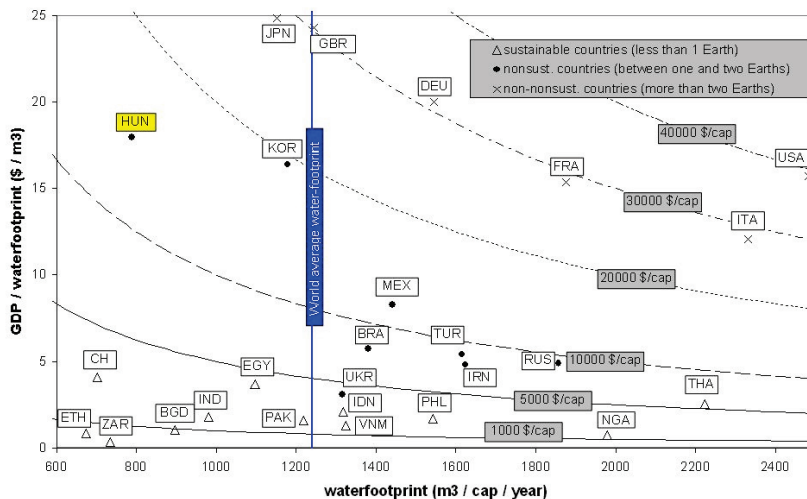
Eredmények

A 2. ábra az egy főre jutó vízlábnyom és a bruttó hazai termék (GDP/fő) összefüggését mutatja be. Az ország-rövidítések feloldását, valamint az országok 2001-es népességét az 1. táblázat szemlélteti. A 2. ábrán függőleges vonal jelzi a világ összes országa alapján számított átlagos vízlábnyom értéket (1240 m³/fő/év). A 2. ábra függőleges tengelye a vízhatékonyságot mutatja \$/m³-ben, azaz hogy adott évben egy köbméternyi víz felhasználása (termelésben vagy fogyasztásban, belföldön vagy külhonban /pl. rizsbehozatalkor/) hány dollárnyi bruttó hazai terméket eredményezett. Bár a dollárban kifejezett hasznos termékek és szolgáltatások nem csupán vizet igényelnek, egy-egy ország „pazarló” vagy „takarékos” vízfelhasználása e mutató révén is jellemezhető. (A minősítés-

⁴ Ugyan a www.footprintnetwork.org honlap 2009-es kiadású ökológiai lábnyom atlasza már 2006-os adatokkal számol, az adatbázis azonban oly hiányos (2010.08.27-i állapot szerint), hogy jobbnak láttuk a teljesebb körű, 2008-as kiadású, 2005-ös adatokkal számoló adathalmazt felhasználni.

⁵ A 2001-ben több mint 47 millió főt számláló Mianmar (Burma) benn lett volna az első huszonötben, ám megbízható GDP adata híján ki kellett hagynunk az elemzésből.

sel óvatosan kell bánni, mert az éghajlati adottságból fakadó párolgás is befolyásolja a mutatót. A bővebb elemzést lásd később.)



2. ábra A vízlábnyomok (1997–2001) és a GDP adatok (2001) összefüggése a világ legnépesebb országaiban és Magyarországon

A 2. ábra minden pontjához tartozik egy-egy GDP/fő/év érték, néhány azonos bruttó hazai terméket jelölő hiperbolát be is jelöltünk (iso-GDP görbék). Látható, hogy a 2. ábrán jobbra és/vagy fölfelé haladva egyre növekszik a GDP/fő/év-ben kifejezett anyagi gazdagság. Mindezek alapján elkülöníthetők az ábra bal alsó sarkában azok a „szegény” országok, amelyek vízfelhasználása nem túl hatékony ugyan, ám szegénységük okán mégis átlag alatti a vízfogyasztásuk. Ezek: Etiópia, Kína, Kongó, Banglades, India, Egyiptom és Pakisztán. Figyelemre méltó, hogy e hét ország a világnépesség közel felét tette ki 2001-ben (45,2%), valamint hogy az ökológiai lábnyom koncepció szerint valamilyen fenntarthatók voltak még 2005-ben is (az ilyen országokat háromszög jelöli a 2. ábrán). Jólval gazdagabb Korea, Japán és Nagy-Britannia, akik nagyjából átlagos vízlábnyomúak, ám jóval nagyobb egy főre jutó GDP-t állítanak elő (e csoportba tartozik Magyarország is). A nagyobb vízhatékonyság ellenére ökológiailag már nem fenntarthatók ezek az országok (a 2. ábrán pötty, illetve X jelöli az ilyen országokat).

Az átlag fölötti vízfelhasználású és alacsony hatékonyságú országok csoportjában (az 1. ábra jobb alsó részén) a legszegényebbek ökológiailag még fenntarthatók (Vietnám, Indonézia, Fülöp-szigetek, Nigéria, Thaiföld), míg a valamivel nagyobb hatékonyság meghozza ugyan a magasabb GDP-t (rendszerint 5–10 000 dollár között), ám ekkor már megjelenik az ökológiai fenntarthatatlanság (Ukrajna, Brazília, Mexikó, Törökország, Irán, Oroszország). A gazdag európai országok (Németország, Franciaország, Olaszország), valamint az Egyesült Államok magas GDP-je ugyan nagy vízhatékonysággal páro-

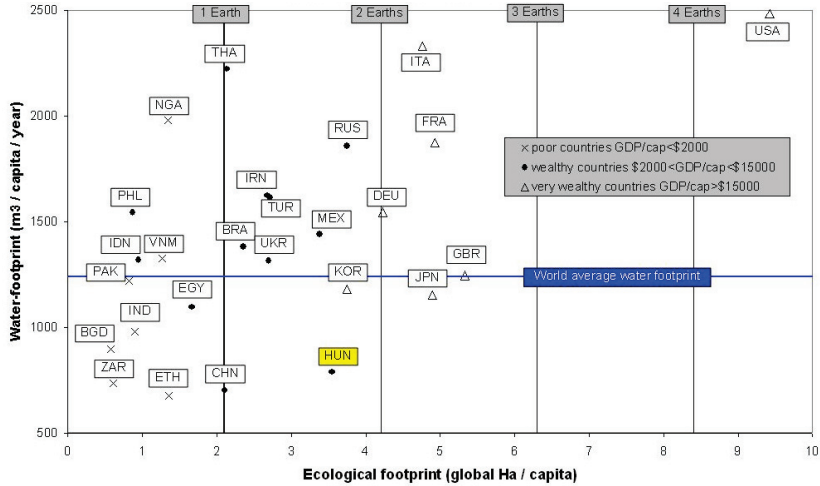
sul ez a függőleges tengelyen olvasható le, ám ezen országok vízlábnyoma átlag feletti, ökológiailag pedig, egy főre jutóan, messze fenntarthatatlanok.

1. táblázat Az Ország rövidítések megnevezése és népessége

Rövidítés	Ország	Népesség, 2001 (millió fő)
BGD	Banglades	129,943
BRA	Brazília	169,110
CHN	Kína	1257,521
DEU	Németország	82,169
EGY	Egyiptom	63,376
ETH	Etiópia	63,541
FRA	Franciaország	58,775
GBR	Nagy-Britannia	58,669
HUN	Magyarország	10,123
IDN	Indonézia	204,920
IND	India	1007,369
IRN	Irán	63,202
ITA	Olaszország	57,718
JPN	Japán	126,741
KOR	Dél-Korea	46,814
MEX	Mexikó	97,292
NGA	Nigéria	125,375
PAK	Pakisztán	136,476
PHL	Fülöp-szigetek	75,750
RUS	Oroszország	145,879
THA	Thaiföld	60,488
TUR	Törökország	66,850
UKR	Ukrajna	49,701
USA	Egyesült Államok	280,343
VNM	Vietnám	78,021
ZAR	Kongó	50,265

A 3. ábra az ökológiai lábnyom adatokat finomabban mutatja (vízszintes tengely), míg az egy főre jutó GDP adatokat elnagyoltabban érzékelteti (az országok helyét jelölő pontok formázása utal a pénzbeli gazdagság mértékére). A vízlábnyom értékek a függőleges tengelyre kerültek, így a világátlag vízlábnyomát itt egy vízszintes vonal jelöli. Az ökológiai fenntarthatóságot jelölő értéket, mely 2005-ben 2,1 globális ha/fő volt, az ábrán egy vastagított függőleges vonal jelzi (one Earth), míg ennek egészszámú többszöröseit szintén függőleges vonalakkal jelöltük. Főbb következtetéseink e szemléletben is a 2. ábrához hasonlóak. A leginkább feltűnő itt az Egyesült Államok fokozott fenntarthatatlansága, ami nem csupán világelső vízlábnyomából (2483 m³/fő/év), hanem hatalmas ökológiai lábnyomából is fakad (9,42 globális Ha/fő). Bizonyosan leolvasható még az ábráról, hogy 15 000 dollár/fő fölötti éves GDP-vel nemigen lehet mélyen átlag

alatti vízlábnyomot produkálni, míg az ennél szegényebb országok vízlábnyom-helyezete változatos, s alaposabb elemzést igényel.



3. ábra Az ökológiai lábnyom (2005) és a vízlábnyom (1997–2001) összefüggése a világ legnépesebb országaiiban és Magyarországon

A szegényebb országok között ugyanis egyaránt található alacsony, illetve rendkívül magas vízlábnyomúakat. Megvizsgáljuk tehát a közel azonos, éppen fenntartható ökológiai lábnyomú Kína és Thaiföld igen eltérő vízlábnyom-adatait, valamint összehasonlításként még Magyarország és az Egyesült Államok értékeit is feltüntetjük (2. táblázat).

2. táblázat Néhány ország egy főre jutó vízlábnyomának összetétele, 1997–2001

Vízlábnyom (m3/fő/év)						
ország	belföldi használata (belföldi)	agrártermékekre (belföldi)	agrártermékekre (importált)	ipari termékekre (belföldi)	ipari termékekre (importált)	összesen
Kína	26	565	40	65	6	702
Thaiföld	30	1987	144	20	41	2223
Egy. Áll.	217	1192	267	609	197	2483
Magyaro.	65	596	128	n.a.	n.a.	789

Forrás: www.waterfootprint.org oldal adatbázisa alapján; 2010.08.31.

A 2. táblázatból kiolvasható, hogy Thaiföld hatalmas vízlábnyoma elsősorban a helyben fogyasztott agrártermékek helyi (belföldi) előállításából fakad. A minden bizonnyal jelentősebb amerikai agrárfogyasztás még az importtal, azaz más országok vízkészletét terhelő (importált) lábnyomával együtt sem éri el ezt a thaiföldi értéket, amit a

kedvezőbb éghajlatnak és a jobb agrártechnológiának tudhatunk be (vö. *Chapagain–Hoekstra, 2004, 4.19 ábra, 62. o.*). A szerzők szerint a párolgás miatt nagy lábnyomú országoknak kedvezőbb éghajlatú helyekről kellene importálniuk az élelmiszert, ami a vízlábnyomot bizonyára csökkentené, az ökológiai lábnyomot (lásd a szállítást) viszont aligha. Az ábrák alapján is rendkívül kedvező helyzetben lévő Magyarország ugyanakkor alighanem azért tűnik föl ilyen kedvező fényben, mert az ipari termékekre irányuló lakossági fogyasztás vízigényére az elemzés idején még nem voltak adatok – sem a belföldi, sem a máshonnan behozott termékek vízlábnyomára vonatkozóan.⁶

Összegzés, javaslatok

Magyarország szempontjából az elemzések viszonylag pozitív eredményeket hoztak, hiszen hatékonyak vagyunk, mindezt alacsony átlagos vízlábnyom mellett. Ugyanakkor több figyelmeztető jelenséget is szükséges megemlíteni.

A legfrissebb publikációk (*Hoekstra és Mekonnen, 2012*) azt mutatják, hogy az adatok pontosítása és a vizsgálat időtartamának bővítése jelentősen növelte hazánk vízlábnyomát, mint ahogy a világot is, pedig abban a termék alakítás (pl. csomagolással, szállítással összefüggő) vízlábnyoma még nem is szerepel. Korábban ugyanis nem foglalkoztak azzal, mekkora vízenyiséget igényel az, hogy egy megtermelt növény a fogyasztókhoz kerüljön, amely folyamatot nevezzük átalakításnak, és amelybe beletartozik például az a vízmennyiség, amit a csomagolóanyag előállításához vagy a tároláshoz, hűtéshez és az üzemanyag előállításakor felhasználtak, így fenntarthatónak ítéltünk meg egy termékimportot a víz szempontjából. *Velázquez és szerzőtársai (2011)* ugyanis a vízlábnyom egyik hiányosságaként említik az exportálás vagy importálás, de már az alapanyag-feldolgozás során megvalósuló átalakításkor felhasznált vízmennyiség figyelmen kívül hagyásának jelentőségét is, amely éppen a fenntarthatóság kérdését emeli ki: nem mindegy, hogy egy térségben a helyben termelt epret fogyasztják, vagy a szállítási igénynek megfelelően (túl)csomagolt, külföldről behozottat. Ilyen értelemben, főként a fenntarthatóság szempontjából tehát a területiség kiemelkedő jelentőségű. A szerzők (*Velázquez et al., 2011*) ennek kiküszöbölésére a vízlábnyomot két összetevőre bontják, a termék előállításának, illetve a termék feldolgozásának vízlábnyomára (új komponensként, amely tartalmazza tehát a csomagolási/átalakítási és szállítási folyamatokat is).

Felmerül továbbá az a dilemma is, hogy egy olyan térség, ahol vízhiány van, ne termeljenek például mezőgazdasági termékeket, mert az igényli a legnagyobb vízmennyiséget? Nyilván, a kérdés nem ennyire egyszerű: a vízlábnyom és a virtuális víz kizárólag egy, és pedig a víz szempontjából „ítélkezik”, míg egy térség fenntarthatóságába társadalmi és egyéb gazdasági kérdések is beletartoznak. Ráadásul *Kumar és Singh (2005)* sze-

⁶ Láthattuk korábban, hogy a legfrissebb adatok alapján hazánk már az átlag fölé került, amely a pontosabb adatoknak és a hosszabb periódus alapulvételének egyaránt köszönhető.

rint, ha sok víz van egy országban, az még nem jelenti feltétlen azt is, hogy ez az ország képes vízszegény országokba magas virtuális víztartalmú termékeket exportálni, hisz ennek számos más feltétele is van. Hasonló merül fel kifejezetten a mezőgazdasági terményekkel kapcsolatban is. Egy dolog a vízlábnyom, további meghatározó tényezők viszont a klimatikus feltételek, a talajadottságok, az agrárpotenciál, és még sorolhatnánk.

Ha hazánk képes lesz a jövőben a szélsőséges vízjárást időben kiegyenlíteni, pl. az árvizek hatalmas vízhozamát tározni, és aszályos időkben felhasználni, akkor Magyarország számára valószínűleg gazdasági (és társadalmi) előny is kovácsolható a vízigényes termékek exportjával – feltéve, hogy ez a tevékenység ökológiai szempontból is fenntartható.

A tanulmányban bemutatott fogalmi keretek is jól mutatják, hogy a közel húsz éves múltra visszatekintő folyamat számos területen tisztázta a meghatározások körüli zavarokat, egyre pontosabbak a definíciók, és a számítások módszertana is jobban figyelembe veszi a termékek és szolgáltatások megtermelése, előállítása, feldolgozása és fogyasztása során „elfogyasztott” tényleges víz mennyiségét. A kutatások valószínűleg a közeljövőben is már újabb és újabb megoldásokat hoznak.

A vízlábnyom és a GDP, valamint az ökológiai lábnyom közötti kapcsolat elemzéséből megállapítható, hogy a fejlett ipari országok vízlábnyoma rendszerint a világátlag vízlábnyom fölött helyezkedik el (ezzel is felfelé húzva az átlagot), míg a fejlődőnek nevezett, kevésbé gazdag országokat vegyes kép jellemzi, elsősorban az éghajlati adottságaik (párolgás), illetve az élelmiszer-behozatal különféle mértékei miatt. Ezzel együtt általában az igaz, hogy a vízlábnyomnál átfogóbb fenntarthatósági mutató, az ökológiai lábnyom alapján még az alacsony vízhatékonyságú „fejlődő” országok is inkább fenntarthatók (vízlábnyomuk abszolút nagyságától függetlenül), míg a „fejlett”, gyakran nagy vízhatékonyságú országok mindegyike kisebb-nagyobb mértékben fenntarthatatlan.

A vízlábnyom, a hatékonyság és az egy főre jutó GDP összefüggését mutató térképen Magyarország múltbeli elmozdulására sajnos legfeljebb csak becsléseket adhatunk, hiszen mindeddig csupán egyetlen periódusra tettek közzé vízlábnyom adatokat (eltekintve a 2012-es publikálástól, amely egyrészt az elemzés időpontjában még nem állt rendelkezésre, másrészt pedig nagyban átfed a korábbi periódussal). Amint későbbi időszakok adatai is rendelkezésre állnak, úgy az elmozdulás (fejlődési trend) tényadatok alapján is bemutatható lesz. A kívánatos jövő az, hogy a vízhatékonyság tovább javuljon, és a GDP-alapú fejlettség növekedése ne hozza magával a vízlábnyom növekedését.

IRODALOMJEGYZÉK

Allan J.A. (1993): Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydro-political futures would impossible. ODA, priorities for water resources allocation and management, ODA, London.

Ansink, Erik (2010): Refuting two claims about virtual water trade, *Ecological Economics* 69 (2010) 2027-2032.

Chapagain, A. K., Hoekstra, A. Y. (2004): *Water footprints of nations – Volume 1. Main Report*; Unesco – IHE Institute for Water Education, Delft, Hollandia.

Ge, Liqiang, Gaodi Xie, Caixia Zhang, Shimei Li, Yue Qi, Shuyan Cao, Tingting He (2011): An Evaluation of China's Water Footprint, *Water Resources Management* (2011) 25: 2633-2647. DOI: 10.1007/s1 1269-011-9830-1.

Gerbens-Leenes, P.W., A.Y. Hoekstra, Th. van der Meer (2009): The water footprint of energy biomass: A quantitative assessment and consequences of an increasing share of bio-energy in energy supply. *Ecological Economics* 68 (2009) 1052-1060.

Hoekstra AY (2003): Virtual water: an introduction. Virtual water trade. In: Proceedings of the international expert meeting on virtual water trade. Values of Water Research Report Series n° 12. IHE Delft, The Netherlands

Hoekstra AY, Chapagain AK, Aldaya MM, Mekonnen MM (2011): *The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard*. Earthscan, London.

Hoekstra, A.Y., Chapagain, A. K. (2007): *Water footprints of nations – Water use by people as a function of their consumption pattern*; *Water Resources Management* 21, 35–48.

Hoekstra, A. Y., Hung, P. Q. (2002): *Virtual water trade – A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade*; Value of Water Research Report Series No. 11, UNESCO-IHE Institute for Water Education, Delft, The Netherlands, <http://www.waterfootprint.org/Reports/Report11.pdf>

Hoekstra, A.Y., Chapagain A.K. (2008): *Globalization of water: sharing the planet's freshwater resources*. Blackwell, Oxford.

Hoekstra, Arjen Y., Mesfin M. Mekonnen (2012): The water footprint of humanity. PNAS Early Edition, www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1109936109. Letöltés: 2012 február 24.

Kumar, Dinesh M., O.P. Singh (2005): Virtual Water in Global Food and Water Policy Making: Is There a Need for Rethinking? *Water Resources Management* (2005) 19: 759-789. DOI: 10.1007/s1 1269-005-3278-0.

MEA, Millennium Ecosystem Assessment (2005): *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC, <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.354.aspx.pdf>

Montesinos, Pilar, Emilio Camacho, Blanca Campos, Juan Antonio Rodríguez-Díaz (2011): Analysis of Virtual Irrigation Water. Application to Water Resources Management in a Mediterranean River Basin, *Water Resources Management*, 25: 1635-1651.

Mózner, Zsófia, Andrea Tabi, Mária Csutora (2012): In the quest for the sustainable agricultural yield - Comparing the environmental impacts of intensive and extensive agricultural practices, *Ecological Indicators* 16, pp.58-66. doi:10.1016/j.ecolind.2011.06.034

Reimer, Jeffrey J. (2012): On the economics of virtual water trade, *Ecological Economics* 75 (2012) 135-139.

Van Oel, P.R., A.Y. Hoekstra (2011): Towards Quantification of the Water Footprint of Paper: A First Estimate of its Consumptive Component, *Water Resources Management*, Published online: 16 November 2011.

Velázquez, Esther, Christina Madrid, María J. Beltrán (2011): Rethinking the Concepts of Virtual Water and Water Footprint in Relation to the Production-Consumption Binomial and the Water-Energy Nexus, *Water Resources Management* (2011) 25:743-761.

WWF (2008): *Living Planet Report 2008*; WWF, Gland, Switzerland.

